ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 OCTOBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau le Volume du *Jubilé* Louis Lumière, 6 novembre 1935.

M. **William Bowie** fait hommage à l'Académie de son Mémoire *Geodetic Operations in the United States* 1933-1935.

M. **Jules Schokalsky**, Correspondant de l'Académie, adresse l'expression de ses condoléances à l'occasion de la perte de M. *J.-B. Charcot*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Santé publique et de l'Éducation physique** invite l'Académie à désigner un de ses membres qui fera partie de la *Commission permanente des stations hydrominérales, climatiques et uvales*, en remplacement de M. *A. d'Arsonval*, rééligible.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Code universel des Couleurs*, par E. Séguy. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° *Calcul numérique de transformations linéaires par la méthode des bandes mobiles* (Applications astronomiques), par le R. P. DE LA VILLEMARQUÉ, S. J. (Présenté par M. Maurice d'Ocagne.)

3° *La connaissance sensorielle et les problèmes de la vision*, par HENRI PIÉRON. (Présenté par M. Louis Lapicque.)

M. **ÉTIENNE FOËX** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Économie rurale par le décès de M. *Pierre Viala*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Détermination générale des lois limites.* Note de M. **PAUL LÉVY**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Nous dirons avec M. Khintchine qu'une loi $\mathcal{L}$, dont dépend une variable aléatoire réelle S, est une *loi limite*, si l'on peut déterminer une suite de variables aléatoires indépendantes $X_n (n = 1, 2, \ldots)$, et une suite de constantes c_n, positives, indéfiniment croissantes, de manière que $\lim c_{n+1}/c_n = 1$, et que $\sum_1^n X_\nu / c_n$ dépende d'une loi tendant vers la loi $\mathcal{L}$.

Les restrictions relatives aux c_n équivalent à la condition

$$\lim_{n \to \infty} \operatorname{Max}_{\nu \leqq n} \operatorname{Pr.} \left\{ |X_\nu| \leqq \varepsilon \left| \sum_1^n X_h \right| \right\} = 1$$

(pour tout ε positif) [1]. Sans ces restrictions, n'importe quelle loi serait une loi limite.

THÉORÈME. — *La condition nécessaire et suffisante pour que $\mathcal{L}$ soit une loi limite est que :* 1° *$\mathcal{L}$ soit une loi indéfiniment divisible* (condition nécessaire trouvée par M. Khintchine); 2° *la variable* S *dépendant de la loi $\mathcal{L}$ puisse, quel que soit λ entre* 0 *et* 1, *être mise sous la forme* $\lambda(X + Y)$, X *et* Y *étant*

---

[1] C'est sous cette forme que M. Khintchine, dans une lettre qu'il m'a écrite en juin 1936, avait posé le problème des lois limites, ajoutant qu'elles constituent une classe comprenant toutes les lois stables et comprise dans la classe des lois indéfiniment divisibles. Mes résultats antérieurs sur l'arithmétique des lois indéfiniment divisibles m'ont permis de lui répondre tout de suite en lui indiquant la solution que je publie aujourd'hui.

indépendants, X *dépendant de la loi* $\mathcal{L}$ *et* Y *d'une loi indéfiniment divisible*.

En d'autres termes, *à l'intérieur du groupe des lois indéfiniment divisibles*, la loi $\mathcal{L}$ est, quel que soit λ entre 0 et 1, divisible par celle dont dépend λS.

On sait que la forme générale des lois indéfiniment divisibles est

$$\log \mathfrak{M}\{e^{izS}\} = miz - \frac{\sigma^2 z^2}{2} + \left(\int_{-\infty}^{0} + \int_{0}^{\infty}\right)\left(e^{izu} - 1 - \frac{izu}{1+u^2}\right) dF(u),$$

F(u) étant, pour chaque signe de u, une fonction non décroissante, et telle que l'intégrale où elle figure soit convergente. *La condition pour que la loi* $\mathcal{L}$ *soit une loi limite est que* F(u), *pour* $u < 0$, *et* $-$F(u), *pour* $u > 0$, *soient des fonctions convexes de* $\log|u|$.

Les lois limites forment un groupe.

L'extension au cas de l'espace euclidien à n dimensions est immédiate. On sait que la définition des lois indéfiniment divisibles dans cet espace fait intervenir, pour chaque cône $\mathcal{C}$ ayant son sommet à l'origine, une fonction F(r) qui remplace la fonction F(u) ci-dessus (r est la distance à l'origine). La condition pour que la loi considérée soit limite est que, quel que soit $\mathcal{C}$, $-$F(r) soit une fonction convexe de $\log r$.

2. Deux Notes récentes parues dans ces *Comptes rendus* me conduisent à rappeler ma priorité sur deux points :

1° Dans une conférence faite en janvier 1924, publiée en 1925 dans la *Revue de Métaphysique et de Morale*, et reproduite dans mon *Calcul des Probabilités*, j'ai étudié les lois de probabilité dans les ensembles abstraits. J'ai montré que la définition d'une telle loi par une partition implique la possibilité d'une représentation linéaire, et indiqué brièvement l'application au cube à une infinité de dimensions. Il s'agit d'une question si simple qu'une brève indication m'avait paru suffisante.

De nombreux auteurs, et notamment à deux reprises M. Steinhaus [1], ont depuis retrouvé la possibilité d'une telle représentation. Je ne m'étais pas occupé du caractère que présentent, *au point de vue de la continuité*, les diverses représentations possibles. Mais, *au point de vue de la théorie de la mesure*, je n'ai pas l'impression qu'ils aient rien ajouté à ce que j'avais, sans doute sous une forme trop concise, indiqué en 1924.

2° Je ne m'explique pas pourquoi M. Alberto González Domínguez (p. 577 du présent volume) conteste que j'aie donné une condition néces-

---

[1] *Studia Mathematica*, 2, 1930, p. 21-39; *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1961.

saire et suffisante pour la convergence vers une limite de lois de probabilité à une variable définies par leurs fonctions caractéristiques. J'ai reconnu, à l'occasion de la rédaction d'un livre qui doit paraître prochainement, qu'on peut à la fois simplifier la démonstration par l'application de la notion d'ensemble compact et préciser le résultat obtenu; ce résultat était rédigé depuis peu de temps lorsqu'a paru une Note de M. V. Glivenko qui m'enlève la priorité sur ce point, mais non sur mon ancien théorème.

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Surfaces dont les asymptotiques de l'un ou l'autre système appartiennent à des complexes linéaires.* Note de M. **Bertrand Gambier**.

1. Nous partirons de deux théorèmes devenus classiques : le premier, dû à M. Picard :

Si les génératrices d'une surface réglée R *appartiennent à une congruence linéaire, les asymptotiques curvilignes de* R *appartiennent aux divers complexes linéaires du faisceau déterminé par cette congruence.*

Le second est le célèbre *théorème de permutabilité des transformations asymptotiques de Bianchi* :

« Si l'on connaît deux transformées asymptotiques (M_1), (M_2) d'une même surface (M), on en déduit par quadratures deux séries ∞^1 de surfaces (M^*) et (M_1^*), telles que chaque surface (M^*) [dont (M) est l'une] admette toutes les (M_1^*) comme transformées asymptotiques [(M_1), (M_2) étant deux des surfaces (M_1^*)], les points homologues d'une même série étant alignés sur une même droite, axe du faisceau des plans tangents aux surfaces de la seconde série aux points homologues alignés sur la droite homologue. »

2. Soit R une surface réglée *quelconque;* les tangentes à R aux divers points d'une même génératrice G engendrent une congruence linéaire à directrices confondues avec G; si S est une transformée asymptotique de R, telles que les asymptotiques homologues des droites G soient curvilignes, la surface réglée R(G) formée par les rayons joignant les points de G aux points homologues de S admet l'asymptotique de S, A(G) homologue de G, pour asymptotique, de sorte que, d'après le théorème de M. Picard, A(G) *appartient à un complexe linéaire*. Corrado Segre a d'ailleurs donné une démonstration géométrique, légèrement différente de cette propriété (pour bibliographie, consulter la *Géométrie projective diffé-*

rentielle de Fubini et Čech, édition italienne, t. I, Chap. V, p. 243-294, et t. II, Note de M. Terracini, p. 771-782).

3. D'après ce qui précède, toute transformée asymptotique d'une quadrique Q a ses asymptotiques appartenant chacune à un complexe linéaire. Partons donc *a priori* d'une quadrique Q rapportée d'une façon quelconque à ses génératrices (u, v) et établissons une correspondance $[(u, v); (U, V)]$ entre les points M, M' de cette quadrique, U étant une fonction arbitraire de u, et V de v. Soient M_1, M_2 les points (U, v) et (u, V) de Q; *nous connaissons ainsi deux transformations asymptotiques de* Q *en elle-même*, (M, M_1) et (M, M_2), avec deux autres transformations (M', M_1), (M', M_2) qui sont des cas particuliers de celles que doit fournir le théorème de Bianchi à partir des deux premières.

Nous obtenons donc par une seule quadrature de différentielle totale deux séries ∞^1 *de surfaces* (M^*) *et* (M_1^*) *dont les asymptotiques appartiennent toutes à des complexes linéaires*. Le calcul est immédiat si M est le point $(u, v, uv, 1)$ et $M^*(u+\lambda U, v+\lambda V, uv+\lambda UV, 1+\lambda)$, où λ est une certaine fonction de (u, v), que l'on détermine en exprimant que le plan tangent en M^* contient M_1, M_2; d'où la *condition nécessaire et suffisante*

$$\frac{d\lambda}{\lambda}+\frac{dU+du}{U-u}+\frac{dV+dv}{V-v}=0.$$

On a des *formules dégagées de toute quadrature* en prenant $U=u-2U_1/U_1'$ et $V=v-2V_1/V_1'$; d'où $\lambda=CU_1'V_1'$, C désignant une constante arbitraire, dont la variation fournit le premier système (M^*) annoncé. Pour le second, il suffit de supposer que M_1^* est $(u+\mu U, V+\mu v, uV+\mu Uv, 1+\mu)$, ce qui revient simplement à remplacer λ par μ, V par v et l'on a

$$\frac{d\mu}{\mu}+\frac{dU+du}{U-u}+\frac{dv+dV}{v-V}=0; \qquad \text{d'où} \quad \mu=\frac{C'U'}{V_1'},$$

C' étant une nouvelle constante arbitraire.

4. Ce qui précède est établi indépendamment de tous les travaux antérieurs, relatifs aux surfaces indiquées en tête de cette Note. Mais, pour pouvoir affirmer que nous avons ainsi trouvé non pas seulement *des* surfaces du type en jeu, mais effectivement *les* surfaces en jeu (ou plus précisément *les* surfaces de l'*une des familles* en lesquelles ses surfaces se séparent), il est nécessaire de revenir aux travaux antérieurs, qui prouvent, par le calcul, que toutes les surfaces de ce type sont transformables asymptotiquement de deux façons en une quadrique (unique). En rassemblant les

résultats de cette Note et les travaux antérieurs, on a donc une construction *nécessaire et suffisante*. Seul M. Terracini, dans le travail cité, a établi *géométriquement* les deux résultats complémentaires l'un de l'autre, en employant des considérations de l'espace à cinq dimensions ou de métrique elliptique; les formules explicites qu'il a données ne s'appliquent qu'à une surface *isolée*, à savoir celle que l'on obtient dans la série M_1^* pour $C' = -1$, tandis qu'ici *nous avons donné les formules, jusqu'ici inédites, donnant les deux séries de* ∞^1 *surfaces associées, déterminées par une seule d'entre elles.*

5. M. Terracini a distingué trois classes de surfaces; celles de cette Note sont les surfaces de la première classe. Aux travaux antérieurs, il faut ajouter ceux de M. Buchin Su [1] qui a fait remarquer que $M_1 M_2$ et MM' sont les *directrices de Wilczynski de chaque surface obtenue*; on peut établir ceci par des considérations plus délicates de géométrie, en même temps que le résultat complémentaire : *chaque surface* (M^*) *ou* (M_1^*) *admet la quadrique* Q *comme enveloppe de ses quadriques de Lie* (chaque quadrique de Lie donne, comme l'on sait, quatre points caractéristiques, autres que le point de contact avec la surface).

GÉOMÉTRIE. — *Sur les quadriques homofocales.*
Note de M. **David Wolkowitsch**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

La présente Note montrera combien peut être fécond l'emploi de la notion de moment d'inertie dans les questions où interviennent les quadriques homofocales.

Soient un plan P et une droite D, normaux, A leur intersection, I_P, I_D, I_A les moments d'inertie relatifs à chacun des éléments précédents; on a

$$I_P + I_D = I_A;$$

ainsi, si deux des I sont constants, le troisième l'est également.

Rappelons, en outre, qu'une sphère est un lieu de points A tels que $I_A = \text{const.}$, qu'une quadrique appartenant à une famille homofocale est une enveloppe de plans P tels que $I_P = \text{const.}$, et que les droites D pour lesquelles $I_D = \text{const.}$ appartiennent à un complexe de Painvin.

I. Soit A un point commun à la surface des singularités du complexe Ω

(1) *Proceedings of the Physic. Math. Soc. of Japan*, 3e série, 17, 1935, p. 234-239.

et à une courbe Γ, dont les tangentes, droites du complexe, sont des droites $I_D = k$.

Par A passe une courbe C, intersection de deux quadriques, homofocales de la quadrique génératrice du complexe, et de paramètres $+\lambda$ et $-\lambda$; C, elle aussi, est une courbe dont les tangentes sont des droites $I_D = k$.

Par suite les plans normaux en A, à T et à C sont tangents à la troisième quadrique homofocale passant par A; ils sont donc nécessairement confondus et les *deux courbes sont tangentes à la génératrice singulière* Δ *passant par le point commun* A *et située dans le plan tangent.*

Les géodésiques de la quadrique $Q_{+\lambda}$, déterminées à l'aide de la quadrique $Q_{-\lambda}$ sont également des courbes du complexe, elles sont donc *tangentes à la courbe* C, *ligne de courbure de* $Q_{+\lambda}$; c'est un résultat connu.

Les coniques du complexe relatives aux divers plans de l'espace seront, elles aussi, *tangentes, en quatre points, à la surface des singularités.* Les tangentes sont les quatre génératrices singulières contenues dans le plan de la conique.

La surface des singularités est donc l'enveloppe de ces coniques qui dépendent de trois paramètres.

Remarquons que le cône du complexe au point A est décomposé en deux plans normaux aux génératrices rectilignes de la troisième quadrique; si la courbe Γ avait été tangente à une droite quelconque de l'un de ces deux plans, au point A, notre raisonnement aurait été en défaut, mais ni les géodésiques ni les coniques n'entrent dans ce cas.

II. Soient Q_0, Q_1, Q_2 trois quadriques homofocales; considérons les géodésiques de Q_0, déterminées à l'aide de Q_1 et de Q_2; ces familles de géodésiques seront désignées par $g(01)$ et $g(02)$.

Un point B situé sur Q_0, à l'intersection de deux géodésiques $g(01)$ et $g(02)$ se coupant orthogonalement, est le sommet d'un trièdre trirectangle, dont les faces sont tangentes aux trois quadriques homofocales; c'est donc un point $I_\Lambda = \text{const.}$, et par suite il décrit une courbe sphérique. Désignons par r_0, r_1, r_2 les rayons des sphères de Monge des trois quadriques.

La sphère, concentrique aux trois quadriques, a pour rayon

$$r = \sqrt{\frac{r_0^2 + r_1^2 + r_2^2}{3}}.$$

Comme cas particulier, les points d'intersection de deux géodésiques

orthogonales, appartenant à la même famille $g(01)$, se trouvent à l'intersection de Q_0 et de la sphère de rayon

$$r=\sqrt{\frac{r_0^2+2r_1^2}{3}},$$

enfin, si nous prenons pour quadrique Q_1, la focale hyperbolique, nous obtenons

$$r=\sqrt{a^2+c^2-b^2},$$

qui est le rayon de la sphère qui passe par les ombilics de la quadrique Q_0.

Nous pouvons aussi énoncer cette propriété très voisine de la précédente : *les plans normaux aux géodésiques d'une même famille* $g(01)$, *aux points où elles coupent l'intersection de la quadrique* Q_0 *avec une sphère concentrique, enveloppent une quadrique homofocale.* Prenant une quadrique réglée nous voyons que la surface engendrée par les plans normaux aux génératrices rectilignes d'une quadrique, aux points où elles coupent une sphère concentrique, est circonscrite à une quadrique homofocale associée à la sphère.

III. Les normales à une cyclide de Dupin du quatrième ordre sont des droites $I_D=$ const.

Coupons la surface par une sphère concentrique nous obtenons une courbe de points $I_A=$ const. Les plans tangents à la cyclide le long de cette courbe sont des plans $I_P=$ const.; *ils engendrent une développable circonscrite à une quadrique dont les focales sont les coniques enveloppes des normales à la cyclide.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur la solution de Laguerre du problème d'Apollonius.* Note de M. **Ole Peder Arvesen**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

On connaît la solution admirable qu'a donnée Laguerre du problème d'Apollonius : au moyen de sa transformation par semi-droites réciproques il le ramène à la construction du cercle qui passe par trois points donnés. Dans l'exposition de sa méthode l'illustre géomètre suppose que les trois points sont réels, ce qui revient à exiger que les trois cercles primitivement donnés ne soient pas coupés par l'axe de transformation ([1]). Je montrerai dans cette Note comment, les points en question étant imaginaires, on

([1]) Voir *Œuvres de Laguerre*, 2, p. 618.

pourra encore au moyen de constructions élémentaires obtenir la solution du problème. Il s'agit alors de la construction d'une hyperbole équilatère, qui passe par trois points et dont on connaît la direction des asymptotes.

Transformons tout d'abord les trois cercles donnés en *cycles* en fixant leur direction. Afin de pouvoir transformer ensuite les trois cycles en points, il faut prendre pour axe de transformation la droite qui contient les centres de similitude de ces cycles. En supposant de plus que la même droite se confonde avec l'axe des x, les coordonnées des cycles C_i seront

$$a_i, \quad b_i = \lambda R_i, \quad R_i \qquad (i = 1, 2, 3);$$

a_i, b_i désignent les coordonnées cartésiennes rectangulaires du centre et R_i le rayon de C_i. La valeur du nombre λ est supposée inférieure à l'unité, de sorte que C_i soit toujours coupé par l'axe de transformation.

Cela posé, pour que les trois cycles aient pour transformés des points, il suffit qu'on prenne pour module α de la transformation

$$\alpha = \lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} = \lambda + i\gamma, \tag{1}$$

en posant pour abréger $\gamma = |\sqrt{\lambda^2 - 1}|$.

En effectuant maintenant la transformation par semi-droites réciproques avec le module, donné par (1), les cycles C_i se transforment en trois points P'_i, dont les coordonnées cartésiennes sont

$$a_i, \quad -i\gamma R_i.$$

Soumettons cette nouvelle figure à la transformation ponctuelle, définie par

$$x' = x'', \quad y' = iy''; \tag{2}$$

nous obtenons trois points réels, P''_i, de coordonnées

$$a_i, \quad -\gamma R_i.$$

Soient, d'autre part,

$$a, \quad b, \quad R$$

les coordonnées d'un cycle C, tangent aux trois cycles C_i. Par la transformation par semi-droites réciproques employée ci-dessus, ce cycle se transforme en un autre cycle C', qui aura pour coordonnées

$$a, \quad i\frac{1}{\gamma}(\lambda b - R), \quad i\frac{1}{\gamma}(b - \lambda R).$$

Posons ici

$$S = \frac{1}{\gamma}(\lambda b - R), \qquad T = \frac{1}{\gamma}(b - \lambda R); \tag{3}$$

l'équation ponctuelle du cercle, porteur du cycle C′, sera

$$(x-a)^2+(y-iS)^2=-T^2.$$

Ce cercle par la transformation (2) aura pour transformé l'hyperbole équilatère réelle

$$(x-a)^2-(y-S)^2=-T^2, \tag{4}$$

dont les asymptotes sont parallèles aux bissectrices des angles formés par les axes de coordonnées.

Or les trois points P''_i suffisent à déterminer cette hyperbole, ce qui nous fournit immédiatement l'abscisse a du centre des deux cycles cherchés. Il ne nous reste alors qu'à résoudre les équations (3) par rapport à b et R :

$$b=-\frac{1}{\gamma}(\lambda S-T), \qquad R=-\frac{1}{\gamma}(S-\lambda T).$$

J'ajouterai encore que les ordonnées des points P''_i sont égales en valeur absolue aux demi-cordes respectives interceptées par C_i sur l'axe de transformation. La construction de ces points est donc immédiate.

Il peut se faire en particulier que l'hyperbole (4) se réduise à deux droites; il n'y aura alors qu'un seul cycle tangent aux cycles C_i. Si l'axe qui joint les foyers de l'hyperbole est parallèle à l'axe de transformation, il n'y aura pas de cycles réels satisfaisant à la question posée.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'avance du nœud d'une planète sous l'action d'un anneau circulaire.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Ernest Esclangon.

J'ai considéré [1] l'action d'un anneau circulaire homogène sur le mouvement d'une planète, soit P, et calculé selon les méthodes classiques les valeurs limites des avances du nœud et du périhélie de la planète P quand l'inclinaison et l'excentricité de son orbite tendent vers zéro. Les résultats obtenus s'étendent à l'action sur la planète P d'une masse quelconque qui possède un axe de révolution et un plan de symétrie perpendiculaire passant tous deux au corps central, et qui peut être considérée comme résultant de la juxtaposition d'une infinité de circonfé-

[1] *La théorie de la Relativité et la Mécanique céleste*, **1**, 1928, p. 187-202.

rences matérielles homogènes. Dans différentes Notes et dans un Mémoire posthume qui rassemble ses recherches de Mécanique céleste, Fatou a étudié (¹) notamment les avances du nœud et du périhélie d'une planète P dans un champ de gravitation qui admet un axe de révolution et un plan de symétrie perpendiculaire passant tous deux au corps central, et qui comporte d'ailleurs une fonction de force. Je veux montrer ici la position relative des formules obtenues, les unes à partir des éléments osculateurs et du système différentiel de Lagrange, les autres à partir des équations cartésiennes ou semi-polaires.

Nous déterminons le champ considéré par le potentiel par unité de masse

$$F(r, z^2) = \frac{\mu}{r} + R(r, z^2),$$

où μ désigne le coefficient attractif du corps central O, r la distance d'un point P au point O et z la cote du point P à partir du plan de symétrie Π, et où la fonction R est petite par rapport au terme μ/r. Les dérivées partielles F'_z, R'_z sont identiquement nulles avec z. Nous étudions les orbites de la planète P voisines d'une circonférence de rayon a située dans le plan Π, et nous désignons par F'_a, R'_a, F''_{a^2}, R''_{a^2} et $-q$ les valeurs pour $r = a$, $z = 0$ des six dérivées partielles F'_r, R'_r, F''_{r^2}, R''_{r^2}, $F''_{z^2} = R''_{z^2}$: le coefficient q est positif dans les différentes applications.

L'équation relative à la variation de la longitude du nœud Ω est selon les notations classiques

$$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{1}{na^2\sqrt{1-e^2}\sin i}\frac{\partial R}{\partial i} \qquad \text{avec} \quad n = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}}.$$

Pour $e = 0$, la cote z se réduit à l'expression $z = a \sin i \sin(l - \Omega)$, l désignant la longitude de la planète P; dans la dérivée partielle $\partial R/\partial i = R'_z\, \partial z/\partial i$, le premier facteur a pour partie principale quand z tend vers zéro

$$z R''_{z^2} = -qz,$$

et l'équation obtenue devient à la limite

$$\frac{d\Omega}{dt} = -\frac{q}{n}\sin^2(l - \Omega).$$

Par les changements de variables $\Omega = l - \alpha$, $\alpha = \operatorname{arc\,tang} \beta$, et fai-

---

(¹) *Acta astronomica*, série A, 2, 1931, p. 121-151.

sant $dl/dt = n$ (je reviendrai sur cette approximation), on tire successivement

$$\frac{d\alpha}{dt} = n + \frac{q}{n}\sin^2\alpha, \qquad t = n\int\frac{d\beta}{n^2(1+\beta^2)+q\beta^2}.$$

Or, d'après l'expression de z, les nœuds de l'orbite de la planète P correspondent aux valeurs de la variable α multiples de π. Quand β croît de zéro à $+\infty$, le temps t croît de $\pi/2 : \sqrt{n^2+q}$; donc par continuité, quand α croît de zéro à 2π, t croît de $2\pi : \sqrt{n^2+q}$, durée de la révolution draconitique, et $\Omega = l - \alpha$ croît de la quantité

$$\delta\Omega = 2\pi\left(\frac{n}{\sqrt{n^2+q}} - 1\right),$$

qui est l'*avance du nœud ascendant*. Cette avance est ainsi exprimée simplement en fonction du moyen mouvement n et du coefficient q; elle est négative puisque q est positif, et se réduit, si q/n^2 est petit, à la valeur $-\pi q/n^2$, qui est aux notations près l'avance de mon calcul antérieur.

En coordonnées semi-polaires ρ, θ, z $(r = \sqrt{\rho^2+z^2})$, Fatou considère d'une part l'intégrale des aires $\rho^2\theta' = C$ $(C > 0)$, et l'équation du mouvement relatif sur le rayon vecteur

$$\rho'' - \rho\theta'^2 = \frac{\rho}{r}F'_r, \qquad \text{où} \qquad \rho'' = \frac{C^2}{\rho^3} + \frac{\rho}{r}F'_r,$$

qui, dans un mouvement circulaire de rayon a, donnent les relations

$$C = na^2, \qquad \frac{1}{a}F'_a = -\frac{C^2}{a^4} = -n^2,$$

n désignant la vitesse angulaire. Et il considère d'autre part l'équation de projection sur Oz, qui dans les orbites considérées peut s'écrire

$$z'' = \frac{z}{r}F'_r + F'_z = \left(\frac{1}{a}F'_a - q + \varepsilon\right)z = -(n^2+q-\varepsilon)z,$$

ε désignant une quantité très petite. Si l'on veut, l'équation obtenue est une équation linéaire dont les coefficients sont à peu près constants, et dont les solutions sont voisines de fonctions périodiques de période $2\pi : \sqrt{n^2+q}$.

Pour déterminer les nœuds d'une orbite, qui correspondent aux zéros de la cote z, on peut considérer la dérivée logarithmique z'/z : en égalant cette dérivée à n/β, on obtient l'équation différentielle

$$n\beta' = (n^2+q-\varepsilon)\beta^2 + n^2,$$

qui, à la limite pour $\varepsilon = 0$, se réduit à l'équation entre les variables β et t résultant du premier calcul. D'où nécessairement la même avance du nœud ascendant, $\delta\Omega$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les photons et les particules* charge pure. Note de M. **Alexandre Proca**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons développé [1] une théorie quantique générale des particules et donné l'expression de certaines grandeurs physiques qui leur sont attachées. Considérons maintenant le cas de l'absence de champ ; en développant les calculs pour une particule qui se trouve dans un état déterminé, représenté par une onde plane $\psi_r = a_r e^{i\Sigma b_s x_s}$, on voit que, toutes choses égales d'ailleurs, à une énergie E (nécessairement positive $E = hc|b_0|$) correspondent *deux* cas possibles différant par le signe de b_0, donc par le signe de la charge. Cette circonstance se retrouve dans le cas général : c'est le signe de la charge qui provoque le dédoublement. Si la charge était nulle, les deux possibilités précédentes se réduiraient à une seule ; examinons de plus près ce cas particulier.

Considérons l'expression *générale* de la densité de charge d'une particule en absence du champ

$$j_4 = iehc(\psi_r^* G_{r4} - \psi_r F_{r4}) \qquad (F_{rs} = G_{rs}^*). \tag{1}$$

Remarquons que dans cette expression figure nécessairement e, qui est une constante apparaissant dans l'équation fondamentale. La charge (1) peut être nulle dans deux cas : 1° pour $e = 0$; 2° pour ψ_r réel, $\psi_r = \psi_r^*$. Supposons que la charge et la masse au repos soient toutes les deux nulles, deux particules connues sont dans ce cas : le neutrino et le photon. Montrons que les deux alternatives précédentes correspondent respectivement au neutrino et au photon. Cela est évident pour 1° : $m = 0$, $e = 0$ sont bien les caractéristiques du neutrino. D'autre part, $e = 0$ ne saurait convenir pour un photon. En effet, plongeons celui-ci dans un champ électromagnétique et en particulier choisissons pour cela le champ d'une onde lumineuse. Le mouvement sera décrit par l'équation fondamentale, complétée par des termes de la forme $e\Phi_r/hc$ (cf. nos précédentes Notes). Si $e = 0$, il ne pourra y avoir aucune action du champ sur le photon, c'est-à-dire de la lumière sur la lumière ; or, il semble bien qu'on connaisse, au

[1] *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1366 et 1490.

moins dans un cas, l'existence d'une telle action, à savoir la diffusion de la lumière, signalée par Halpern et Debye et étudiée par Euler et par Euler et Kockel (¹). Donc $e = 0$ ne caractérise certainement pas le photon.

Considérons maintenant une particule caractérisée par $m = 0$ et $\psi_r = \psi_r^*$. On voit aisément que sa charge, son courant et son moment électromagnétique sont nuls; son énergie est finie, son spin également (²); enfin, ses équations d'onde $\partial^r F_{rs} = 0$ sont identiques aux équations de Maxwell dans le vide (³). Ces diverses propriétés rendent plausible l'identification de cette particule avec un quantum de lumière.

Supposons qu'on ait affaire à un véritable photon dans un état déterminé, c'est-à-dire ayant une fréquence unique. S'il s'agissait d'une particule élémentaire cela signifierait que le développement de ψ_r ne devrait contenir qu'un seul terme de la forme $a_r e^{i\Sigma b_s x_s}$; or, ce ψ_r ne peut représenter un photon puisqu'il n'est pas réel. Le photon sera décrit par $\psi_r + \psi_r^*$, c'est-à-dire par

$$(2)\qquad a_r e^{i\Sigma(b_s x_s)} + a_r^* e^{-i\Sigma(b_s x_s)}.$$

Le photon apparaît donc comme composé de la superposition de deux particules élémentaires en accord avec la féconde hypothèse fondamentale de M. L. de Broglie; ces particules ont même énergie (*positive*), même quantité de mouvement et même spin, mais des charges, des courants et des moments électromagnétiques opposés. L'important est le fait qu'*elles ne sont plus des neutrinos*, mais des particules *chargées*, de masse nulle; ce sont en quelque sorte des *charges pures*. Ce type de particule ne semble pas avoir attiré l'attention des chercheurs jusqu'à présent; elles ne sont mentionnées, à notre connaissance que dans un article de Einstein et Rosen (⁴). Quoi qu'il en soit, elles se présentent tout naturellement lorsqu'on applique la théorie générale au cas des photons; on peut espérer que, si elles existent, elles seront beaucoup plus facilement décelables par l'expérience que ne l'ont été les neutrinos.

(¹) Halpern, *Physical Review*, 44, 1934, p. 885; Euler, *Annalen der Physik*, 26, 1936, p. 398; Euler et Kockel, *Die Naturwissenschaften*, 23, 1935, p. 246.

(²) Les expressions qui en résultent pour le spin sont étroitement apparentées à celles qui ont été proposées par M. Henriot dans le fascicule XXV du *Mémorial des Sciences physiques, Les couples de radiation et les moments électromagnétiques*, Paris, 1935.

(³) Cela n'est cependant pas un argument en faveur de l'identification de la particule à un photon, attendu que les F_{rs} *ne représentent pas* le champ lumineux.

(⁴) *Physical Review*, 48, 1935, p. 73.

Une théorie de la lumière, développée sur les bases générales indiquées plus haut, serait parallèle en gros à celle de de Broglie, Jordan, Kronig, et conduirait vraisemblablement aux *mêmes* résultats finaux. Il faut remarquer que les raisonnements thermodynamiques de Jordan pourraient s'appliquer sans aucune modification aux particules *charge pure*, pourvu qu'on suppose qu'elles suivent la statistique de Fermi, ce qui n'est pas déraisonnable. Même sans adopter la théorie générale que nous avons proposée, on peut penser qu'il est plus avantageux de développer une théorie de la lumière sous la forme de de Broglie ou de Jordan et Kronig, mais en remplaçant les neutrinos par des particules *charge pure*, c'est-à-dire des particules ayant une *masse au repos nulle* et une charge *égale au quantum d'électricité e*. En effet, d'une part les raisonnements de ces auteurs ne sont pas altérés par cette modification (1), d'autre part on peut avancer que l'action de la lumière sur la lumière implique *probablement* l'action d'un champ électromagnétique sur un neutrino. Or on définit celui-ci, peut-être imprudemment, dans d'autres domaines de la Physique, comme une particule non chargée, en entendant par là précisément qu'un champ ne peut l'influencer en aucune manière. L'emploi des charges pures semble plus adéquat et nous permet au surplus l'espoir d'une mise en évidence expérimentale plus aisée.

PHYSIQUE. — *Sur la détermination de la viscosité des gaz et de la* Constante de Sutherland. Note de M. **André Fortier**, présentée par M. Marcel Brillouin.

On admet généralement que la variation de la viscosité d'un gaz avec la température est correctement représentée par la formule

$$\frac{\eta_T}{\eta_0} = \sqrt{\frac{T}{T_0}} \frac{1+\frac{C}{T_0}}{1+\frac{C}{T}},$$

où C désigne la *Constante de Sutherland*, que certains auteurs donnent au millième près. Pourtant un simple calcul d'erreur montre que la détermi-

(1) Pour justifier l'existence d'un moment électromagnétique, M. L. de Broglie admet même, dans sa théorie, que les particules constituantes pourraient posséder une charge très petite.

nation de C exige une précision rarement obtenue dans les mesures; pour l'air, par exemple, en mesurant les viscosités au 1/500e, en définissant et mesurant les températures à 0°,1 C. près, on ne peut obtenir C qu'à 12 pour 100 près dans l'intervalle —20°, +20° et à 7 pour 100 près dans l'intervalle 0°, 100°. Les mesures effectuées jusqu'ici sont en général trop peu précises pour atteindre une telle approximation en apparence si grossière et pour garantir par suite que le nombre C est bien une constante au sens physique du mot.

La méthode que j'utilise [1] me permettant de faire des mesures relatives de viscosité avec une précision dépassant 1/2000e, j'ai repris l'étude systématique de la variation de la viscosité des gaz avec la température.

Voici les nombres obtenus à partir d'une centaine d'expériences effectuées sur l'air dans un intervalle de température allant de —183° à +20° :

Températures.....	—180.		—80.		—20.	0.	+20.
Viscosités..........	0,370		0,748		0,942	1	1,056
Valeurs de C.......		115		120		104	

Cette variation du nombre C expliquerait le désaccord signalé par M. Brillouin [2] entre les nombres expérimentaux dans l'intervalle —20° à +20° et ceux calculés par la formule de Sutherland à partir d'expériences faites à 0° et 100°.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur quelques nouvelles expériences de démultiplication de fréquence, dans un circuit oscillant dont la bobine est à noyau de fer.* Note de M. **Edmond Rouelle**, présentée par M. Paul Janet.

Au cours d'expériences antérieures, j'avais déterminé empiriquement les conditions-limites d'entretien d'une oscillation libre, à une fréquence sous-multiple de celle de la source. Les circuits magnétiques des bobines utilisées étaient en tôles ordinaires pour transformateurs. L'amorçage était provoqué par la fermeture du circuit, ou par l'ouverture d'un interrupteur court-circuitant la bobine, comme le faisaient déjà MM. Mauduit et Fallou. J'entretenais ainsi les harmoniques 1/2, 1/3, 1/5 avec une source de fréquence comprise entre 15 et 70 p/sec. Pour une fréquence moyenne,

(1) Cf. *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1330.

(2) *Leçons sur la viscosité des liquides et des gaz*, **2**, p. 62.

chaque régime était stable à l'intérieur de deux intervalles de tensions, limités par les valeurs critiques U' et U''_1 d'une part, U'_1 et U'' d'autre part; la stabilité s'étendait progressivement à tout intervalle $U' - U''$, aux fréquences les plus basses ou les plus élevées [1].

a. Mes recherches récentes ont porté sur une gamme de fréquences plus étendue (de 30 à 700 p/sec) et des circuits magnétiques en alliages spéciaux : acier au silicium, permalloy, métal gamma.

Les anciens procédés d'amorçage engendrant, suivant les cas, une oscillation excessive ou insuffisante, j'ai employé concurremment avec eux, soit la coupure d'une résistance réglable shuntant la bobine, soit la saturation temporaire de celle-ci, par une source auxiliaire de basse fréquence (≤ 50 p/sec). Le montage nécessaire à cette dernière manœuvre permet encore, lorsqu'on laisse la source à basse fréquence enclenchée en permanence, de réaliser la synchronisation harmonique des deux alternateurs.

b. L'emploi de bobines à caractéristiques fortement coudées et à faibles pertes, rend difficilement réalisable le régime stable aux tensions élevées (intervalle $U' - U''_1$). En outre, le domaine inférieur de stabilité (intervalle $U'_1 - U''$) peut se scinder en plusieurs bandes étroites, correspondant à autant de formes d'ondes distinctes. J'en ai observé quatre, au maximum, pour l'harmonique 1/3 et deux pour l'harmonique 1/5.

Pour les termes d'ordre supérieur à 9, le domaine inférieur est pratiquement seul accessible à l'expérience; son étendue diminue en général à mesure que l'ordre augmente et peut se réduire à quelques dixièmes de volt.

c. L'ordre de démultiplication le plus élevé qu'on puisse obtenir, en régime permanent, semble croître avec le nombre de spires de la bobine et la courbure de sa caractéristique magnétique. Toutefois, une certitude absolue ne pourra être acquise que si les conditions d'amorçage de chaque sous-harmonique deviennent déterminables autrement que par tâtonnements. La forme d'onde de la source ne paraît pas avoir d'influence notable à ce point de vue. Pour une force électromotrice pratiquement sinusoïdale, j'ai observé le plus grand nombre de régimes distincts avec une bobine à noyau de permalloy, qui permet à une source de fréquence 150 p/sec d'entretenir, notamment, tous les sous-harmoniques d'ordre impair, du troisième au quinzième inclus.

Les domaines de stabilité de ces divers termes ne se chevauchent pas et

---

[1] *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1450 et 186, 1928, p. 224.

l'on passe de l'un à l'autre en modifiant la tension d'alimentation, à peu près proportionnellement à la fréquence de l'oscillation entretenue.

Avec des caractéristiques moins fortement coudées, ou des pertes plus considérables, cette loi simple n'est plus vérifiée et la recherche des différents régimes exige de plus longs tâtonnements.

d. J'ai constaté en outre l'existence d'oscillations dont la période propre n'est pas un multiple entier de celle de la source. L'harmonique 3/11 a été obtenu avec noyau de permalloy; l'acier au silicium ou les tôles ordinaires, donnent les harmoniques 2/3 et 3/5; il est possible que d'autres encore puissent être entretenus. Il s'agit bien ici d'oscillations autonomes, qui ne peuvent être confondues avec les harmoniques d'ordre $2k/n$, signalés dans une Note précédente (*loc. cit.*) au voisinage du domaine d'instabilité de l'oscillation d'ordre $1/n$ et superposés à celle-ci. Les valeurs efficaces des courants et tensions qu'elles engendrent satisfont aux mêmes lois empiriques que celles des sous-harmoniques exacts, mais leur stabilité est moindre.

Les oscillogrammes, caractérisés par la succession de plusieurs alternances de durées et d'amplitudes inégales, évoquent l'idée de l'entretien d'un train d'ondes, dont la durée totale est égale à un nombre entier d'alternances de la source; la même interprétation peut s'appliquer à l'harmonique 1/2 (seul terme d'ordre pair observé jusqu'à ce jour) qui comporte deux demi-ondes inégales; pour les sous-harmoniques exacts d'ordre impair, le train d'ondes est réduit normalement à une seule alternance.

e. Le relevé des ondes de tensions et courant ne peut être effectué pratiquement qu'à l'oscillographe.

La méthode de Joubert ne serait utilisable qu'à la condition de démultiplier la vitesse du moteur synchrone nécessaire à son application, proportionnellement à l'ordre du sous-harmonique entretenu. A défaut de cette précaution, elle ne donne qu'une courbe de fréquence égale à celle de la source, représentant en réalité une série d'harmoniques de la grandeur étudiée. C'est pour avoir méconnu cette particularité qu'un auteur a cru établir [1], contrairement aux conclusions de ma thèse [2], l'existence de plus de deux régimes stables de ferrorésonance fondamentale. J'ai pu démontrer que les deux régimes supplémentaires qu'il a observés correspondent, en fait, à l'entretien de sous-harmoniques, vraisemblablement d'ordre 1/3 et 1/2.

---

(1) E. Aretz, *Elektrotechnische Zeitschrift*, 57, nº 11, 1936, p. 305.

(2) *R. G. Electr.*, 36, novembre et décembre 1934, p. 715-763-795-841.

SPECTROSCOPIE. — *Spectrographe enregistreur automatique pour le proche infrarouge* (6000-9500 Å). Note de MM. **Pierre Barchewitz** et **Aurel Naherniac**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le spectrographe à réseau plan que nous avons monté permet d'étudier la région spectrale s'étendant de 6000 Å à 9500 Å.

Le système optique est constitué par deux lentilles corrigées pour le rouge et le proche infrarouge, (ouverture $f/10$, distance focale 100^{cm}); le système dispersif comprend un réseau plan (8^{cm} sur 10^{cm}) de 580 traits au millimètre. Il est monté sur une plate-forme horizontale, qui peut tourner d'un mouvement rapide ou lent compatible avec l'inertie du cadre du galvanomètre, grâce à un système d'engrenages.

Une cellule photoélectrique Grammont à gaz reçoit le flux; son maximum de sensibilité se trouve au voisinage de 8000 Å. Le courant normal donné par cette cellule est de 50 microampères pour un flux de un lumen. Le courant photoélectrique donné par la cellule est amplifié au moyen d'un amplificateur à trois lampes à chauffage indirect sur secteur alternatif.

La première lampe est une E.452 Philips à grand coefficient d'amplification permettant une attaque suffisante de la grille de la lampe suivante.

La liaison entre la première et la deuxième lampe (E.424 N.) se fait par un couplage résistance-capacité. Notons qu'en premier lieu nous avions effectué un couplage par transformateur de rapport 1 à 3, mais ce montage s'est montré défectueux au point de vue de la stabilité.

La dernière lampe est une trigrille de puissance Philips (B.443) reliée à la deuxième lampe par le montage classique dit cathodyne. Le courant plaque de cette dernière lampe est redressé au moyen d'un élément Cu/Cu^2O intercalé dans le circuit secondaire d'un transformateur convenablement accordé sur la fréquence de modulation du flux lumineux.

Ainsi monté l'ensemble a un coefficient d'amplification (en ampères) de l'ordre de 10^8; ce qui permet de déceler des courants photoélectriques de l'ordre de 10^{-15} ampère. Nous avons aussi essayé de redresser le courant de sortie de l'amplificateur à l'aide d'une duodiode Philips A.1 mais sans obtenir une amplification plus grande; de plus nous devions compenser un courant de l'ordre de 10^{-3} ampère dû au flux d'électrons émis par la cathode de la duodiode, il en résultait une instabilité assez grande de la position du spot du galvanomètre définissant le zéro.

Des accumulateurs alimentent la cellule et fournissent les tensions plaques: les filaments des lampes sont chauffés au moyen d'un transformateur 110/4 volts. Tout l'appareil (amplificateur, cellule, et accumulateurs), est placé dans une caisse à doubles parois en tôle de 1^{mm} d'épaisseur; ces précautions ont permis d'obtenir une grande stabilité du spot du galvanomètre.

La modulation du courant photoélectrique s'obtient au moyen d'un disque percé de trous interrompant périodiquement le faisceau arrivant sur la fente d'entrée du spectrographe. Nous avions d'abord essayé de moduler la tension appliquée sur la cellule au moyen d'un oscillateur à lampe en gardant le flux lumineux constant. Le courant d'obscurité de la cellule était de ce fait modulé et ensuite amplifié; on obtenait à la sortie de l'amplificateur un courant de zéro de quelques milliampères instable et difficile à compenser.

Le système d'enregistrement est analogue à celui employé par J. Lecomte [1] pour l'étude de la région spectrale s'étendant de 6$^{\mu}$ à 20$^{\mu}$. Dans ces conditions nous obtenons sur papier photographique ($24^{cm} \times 30^{cm}$) des déviations du spot du galvanomètre (sensibilité : 7.10^{-8}; période : 2 secondes) de l'ordre de 20^{cm}, avec des fentes d'entrée et de sortie du spectrographe de 1/20 de millimètre; les fentes occupent dans le spectre une région de 0,8 Å; la précision dans le repérage des positions des bandes bien définies est de $\pm$ 3 Å.

La durée d'un enregistrement dépasse rarement cinq minutes, de plus cette méthode permet de déceler certains détails que la plaque photographique est incapable de reproduire.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Variation thermique de la biréfringence électrique d'un mélange liquide présentant un point critique de miscibilité.* Note [2] de M. **Antoine Goldet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié la variation thermique de la biréfringence électrique (effet Kerr) d'un mélange nitrobenzène-heptane en nous efforçant d'approcher autant que possible du point critique de miscibilité de ce mélange situé à 19°,6 environ.

Nous avions précédemment étudié la biréfringence magnétique (effet

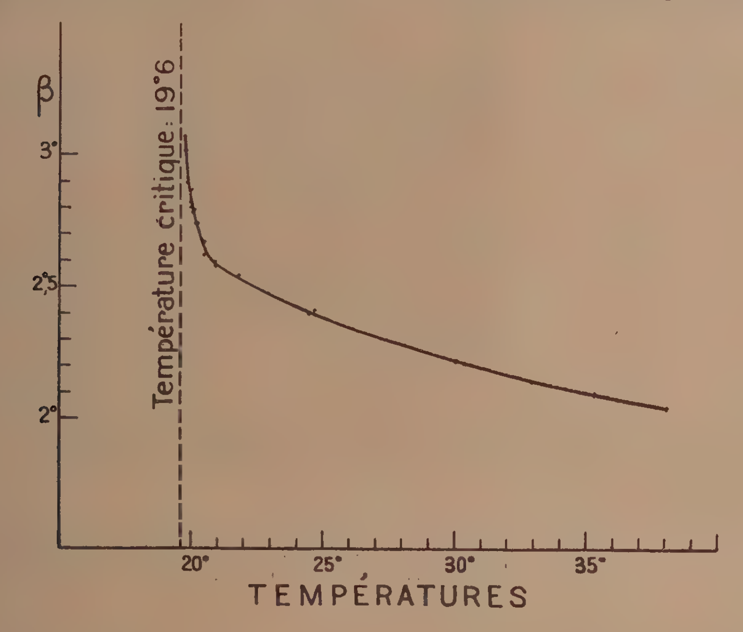
---

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1011.

(2) Séance du 12 octobre 1936.

Cotton-Mouton) de mélanges nitrobenzène-hexane, dont un au point critique de miscibilité ([1]).

Dans les mesures rapportées ici, nous avons été amené à employer de l'heptane normal extrait de l'essence de pin, dont nous avions pu obtenir un échantillon très pur au lieu de l'hexane normal qui était pour



nous beaucoup plus difficile à obtenir exempte de benzène et d'isomères.

Le montage optique était le même que celui employé en biréfringence magnétique, le condensateur était formé d'armatures en acier au nickel-chrome (dit inoxydable) et le tube était d'une construction semblable à celle employée par R. Lucas et H. Schwob ([2]), sauf le système thermostatique qui était analogue à celui que nous avions nous-même déjà utilisé ([3]).

La tension appliquée était de 1500 volts continus, elle était fournie par une dynamo débitant sur une résistance; on maintenait la tension constante à quelques millièmes près en agissant sur l'excitation de la dynamo entraînée à vitesse constante.

Dans ces conditions les mesures ont été parfaitement fidèles et l'ensemble des résultats est représenté par la courbe ci-dessus qui indique les varia-

---

([1]) A. Goldet et A. Piekara, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 271.

([2]) *J. de Phys.*, 4, 1933, p. 287.

([3]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 72.

tions avec la température de l'angle β, mesurant la biréfringence du mélange (pour la lumière jaune $h = 578^{m\mu}$ du mercure).

On voit sur cette courbe que la biréfringence augmente très vite quand la température, en s'abaissant, vient au voisinage de la température critique.

Les pointés les plus voisins de la température critique sont limités par la diffusion de la lumière probablement à moins de 1/10 de degré du point critique; on a, pour le dernier degré de variation de température, une augmentation de la biréfringence de 0°,4, soit 20 pour 100 environ, c'est une variation relative plus de dix fois supérieure à celle que donne le nitrobenzène pur.

On peut essayer d'interpréter ces faits en considérant le champ moléculaire dans le mélange étudié.

Dans une formule complète donnant la valeur de la biréfringence électrique, il y a lieu en effet d'ajouter le carré moyen du champ moléculaire au carré du champ électrique appliqué. Ce carré moyen prend à cause des fluctuations une valeur qui doit devenir notable et surtout croître très rapidement à l'approche du point critique; la variation rapide de la biréfringence électrique serait ainsi attribuable à celle de ce facteur.

Cette explication nous a été suggérée, ainsi d'ailleurs que l'idée même de ce travail, par la théorie de la diffusion de la lumière exposée par Y. Rocard (1) et en particulier par son calcul du champ moléculaire d'hétérogénéité, qui nous paraît devoir jouer au voisinage de la température critique de miscibilité un rôle essentiel.

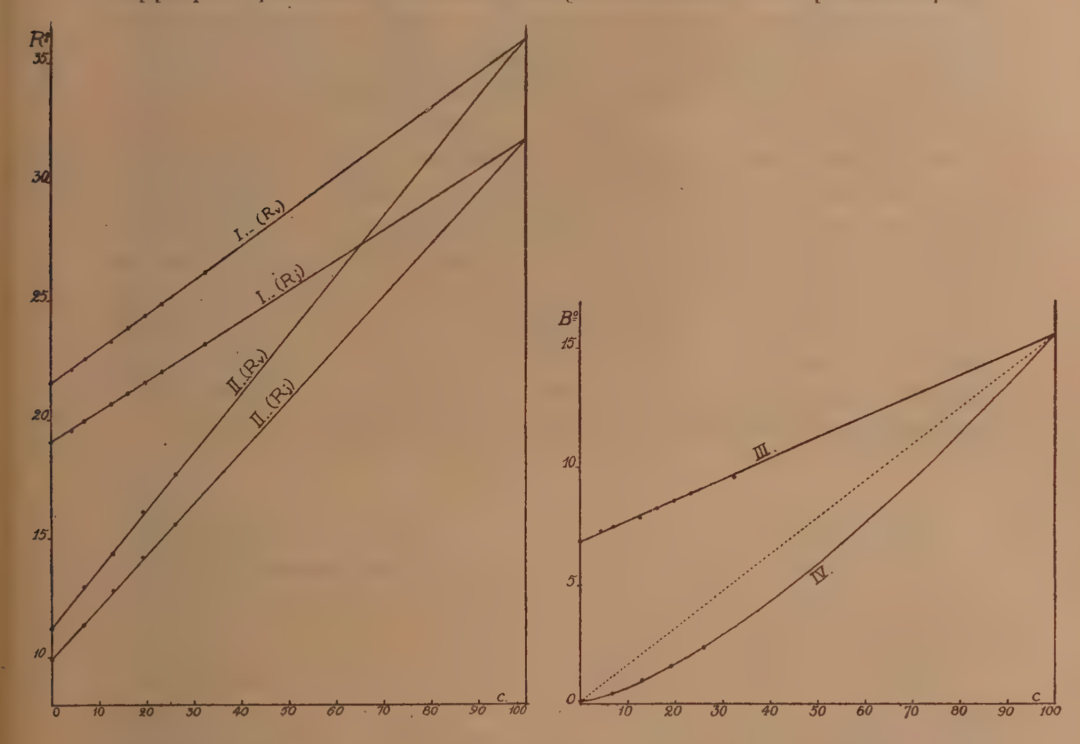
MAGNÉTOOPTIQUE. — *Polarisation rotatoire magnétique et biréfringence magnétique de solutions acétoniques et nitrobenzéniques de nitronaphtalène-α.* Note (2) de M. **Jacques Rabinovitch**, présentée par M. Aimé Cotton.

Perkin a montré que pour un grand nombre de molécules, en particulier des molécules organiques, le pouvoir rotatoire magnétique moléculaire peut être considéré comme une somme de pouvoirs rotatoires atomiques. Il en résulte que, pourvu que les liaisons entre atomes n'aient pas été trop

(1) *Ann. de Phys.*, 10, 1928, p. 116.

(2) Séance du 12 octobre 1936.

modifiées, le pouvoir rotatoire magnétique d'un mélange peut fort bien ne pas varier sensiblement lors d'une réaction chimique s'effectuant sans variation de volume. Il n'en est pas de même quand on considère la biréfringence magnétique du mélange, laquelle dépend des anisotropies optiques et magnétiques des molécules; aucune règle d'additivité simple ne peut s'appliquer quand les molécules changent de structure et par conséquent



toute réaction au sein du mélange se traduit par une variation qui peut être notable de la biréfringence magnétique.

J'ai étudié le cas des solutions de nitronaphtalène-α dans l'acétone et le nitrobenzène. Les mesures de rotations magnétiques ont été faites à la Sorbonne avec l'électroaimant type Weiss du Laboratoire des Recherches physiques, celles de biréfringences magnétiques avec le grand électroaimant de l'Académie des Sciences. Dans les deux montages la source lumineuse était un arc Cotton à vapeur de mercure dont on utilisait à volonté une des raies principales au moyen d'un monochromateur à prisme Pellin-Broca à sulfure de carbone.

Sur les graphiques consignant les résultats, c désigne le nombre de centimètres cubes occupés par le corps dissous dans 100^{cm^3} de solution et en ordonnées R ou B désignent les angles mesurant soit la rotation magnétique du plan de polarisation soit la biréfringence magnétique.

Les courbes I et II représentent respectivement les rotations magnétiques des solutions nitrobenzéniques et des solutions acétoniques, mesurées à 20°C. pour les raies jaune et verte. Ces courbes sont des droites et pour les deux genres de solutions elles conduisent pour $c = 100$ (nitronaphtalène-α pur) aux mêmes valeurs des rotations magnétiques : $R_j = 31°,8$ et $R_v = 36°$ [1].

Nous voyons donc que le pouvoir rotatoire magnétique ne décèle aucune différence entre les effets des deux solvants utilisés sur le nitronaphtalène-α. Il n'en est pas de même de la biréfringence magnétique. Les mesures faites à 17°C. avec la raie jaune ont donné pour les solutions nitrobenzéniques des résultats se traduisant graphiquement par une droite (III) [2], tandis que pour les solutions acétoniques on obtient une courbe (IV) qui est nettement au-dessous de la droite correspondant à la loi linéaire. Ces écarts sont sans doute imputables à des associations moléculaires, peut-être à une polymérisation du nitronaphtalène-α en milieu acétonique.

---

(1) En comparant à l'eau, ces données conduisent à attribuer au nitronaphtalène-α les constantes de Verdet suivantes : $\rho_j = 3{,}79.10^{-2}$ et $\rho_v = 4{,}26.10^{-2}$ en min/cm/gauss.

M. Salceanu (*Thèse*, Paris, 1932) a étudié cette substance au-dessus du point de fusion et a donné une courbe de variation de ρ_j en fonction de la température. L'extrapolation de sa courbe donne à 20°C. une valeur ($3{,}8.10^{-2}$) qui concorde avec la valeur indiquée ici.

(2) Les constantes du nitronaphtalène-α d'après les solutions nitrobenzéniques sont, pour le jaune : $b = 227$, $b_s = 171$, $C_j = 5{,}72.10^{-12}$, b désignant le rapport multiplié par 100 de la biréfringence magnétique du nitronaphtalène-α à celle du nitrobenzène mesurée dans les mêmes conditions, b_s le quotient de b par la densité et C_j la constante de Cotton et Mouton.

La biréfringence magnétique du nitronaphtalène-α avait été étudiée par MM. Cotton et Mouton et ils avaient trouvé $b_s = 173{,}5$ soit $C_j = 5{,}79.10^{-12}$, valeurs concordant à moins de 2 pour 100 avec mes résultats. Par contre, si l'on extrapole jusqu'à 17°C. la courbe de variation thermique de la biréfringence magnétique de la substance fondue établie par M. Salceanu, on trouve un écart de 5 pour 100 environ ($C_j = 6.10^{-12}$).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption dans le proche infrarouge d'amines secondaires.* Note de Mme **Marie Freymann**, présentée par M. Georges Urbain.

Pour compléter l'étude systématique des spectres d'absorption infrarouges des amines, nous avons comparé quelques amines *secondaires* aliphatiques, aromatiques et hétérocycliques; le tableau résume les résultats obtenus dans la région $0^{\mu},8$-$1^{\mu},2$.

Amine	Formule					
Diméthylamine	$(CH^3)(CH^3)NH$ sol. aq. 30 pour 100	λ	10723	10452 (I)	–	–
		ν	9326	9567	–	–
Diéthylamine	$(C^2H^5)(C^2H^5)NH$	λ	10756	10550 (I)	–	–
		ν	9297	9479	–	–
Dipropylamine	$(C^3H^7)(C^3H^7)NH$	λ	10756	10504 (I)	–	–
		ν	9297	9520	–	–
Dibutylamine	$(C^4H^9)(C^4H^9)NH$	λ	10762	10511 (I)	–	–
		ν	9292	9514	–	–
Monométhylaniline	$(C^6H^5)(CH^3)NH$	λ	–	–	10427 (*i*)	10212 (I)
		ν	–	–	9590	9792
Monoheptylaniline	$(C^6H^5)[(C^3H^7)(C^3H^7)CH]NH$	λ	–	–	10400 (*i*)	10212 (I)
		ν	–	–	9615	9792
Pyrrol	NH, HC, CH, CH, CH (cycle)	λ	–	–	10413 (*i*)	10116 (I)
		ν	–	–	9597	9885
Pipéridine	NH, H^2C, CH^2, H^2C, CH^2, CH^2 (cycle)	λ	10801	10692	10542	10478 (I)
		ν	9258	9353	9486	9544

Nota. — (I) = bande intense; (*i*) = inflexion.

Comme les amines primaires aliphatiques, les amines secondaires aliphatiques présentent une bande intense vers 10500 Å qui semble corres-

pondre au NH *aliphatique normal* [1]. La position de cette bande ne subit que de légères variations dans la série homologue. Le spectre d'absorption montre également une autre composante vers 10750 Å; par contre, les spectres Raman et le premier harmonique infrarouge [2] ne présentent qu'une seule fréquence (NH).

En passant des amines secondaires aliphatiques aux amines secondaires aromatiques, un déplacement vers les fréquences élevées de l'oscillation NH se manifeste, comme pour les amines primaires correspondantes; nous avons attribué antérieurement ce déplacement à la présence de doubles liaisons situées au voisinage immédiat de NH (bande NH=).

La bande (NH) des amines aromatiques est très large et montre une faible inflexion vers 10400 Å qui semble correspondre au NH *normal*. On peut donc, sous toutes réserves, se demander s'il n'existe pas, à côté des oscillateurs (NH=) (perturbés par le voisinage des doubles liaisons), une faible proportion d'oscillateurs NH non perturbés.

Le spectre d'un composé hétérocyclique tel que le *pyrrol* ressemble à celui de la monométhylaniline par exemple : présence d'une inflexion au voisinage de la bande de 10116 Å. En accord avec L. Pauling [3] nous croyons qu'il existe pour le pyrrol plusieurs formes de molécules en équilibre.

Il est également curieux de noter qu'un autre corps hétérocyclique, la *pipéridine* dont la bande la plus intense occupe la position du NH *normal* présente en outre trois autres composantes plus faibles mais nettement distinctes [4]. Rappelons que l'effet Raman met en évidence pour ce corps *deux raies* (nous avons d'ailleurs vérifié ce résultat), alors que toutes les autres amines secondaires ne présentent qu'une raie. Il est possible qu'il y ait *également ici plusieurs formes moléculaires en équilibre*.

PHYSICOCHIMIE. — *Effet Raman et structure moléculaire de l'anhydride nitrique*. Note de M. **Jean Chedin** et Mme **Jeanne Cieutat Pradier**, présentée par M. Charles Fabry.

L'anhydride nitrique en solution dans l'acide nitrique, l'acide sulfurique ou leurs mélanges, émet deux raies Raman caractéristiques dont les

---

(1) Mme M. Freymann, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1674.

(2) U. Liddel et O. R. Wulf, *J. Am. Ch. Soc.*, 55, 1933, p. 3574 et 57, 1935, p. 1464.

(3) *J. am. Ch. Soc.*, 58, 1936, p. 94.

(4) Cette pipéridine a été spécialement purifiée.

fréquences moyennes sont

$$\Delta\nu_1 = 1050 \text{ cm}^{-1}, \qquad \Delta\nu_2 = 1400 \text{ cm}^{-1}.$$

En solution dans $CHCl^3$, CCl^4, l'anhydride émet un spectre très différent du précédent [1]. Nous avons repris l'étude de ces derniers mélanges en utilisant comme filtre de lumière la solution alcoolique de rhodamine et nitrobenzène indiquée par Sanié, Lamy et Poremski [2]. Sur les clichés nous relevons les fréquences suivantes (solvant CCl^4)

$$\Delta\nu_1 = 860 \text{ cm}^{-1}, \quad \Delta\nu_2 = 1244 \text{ cm}^{-1} \text{ (assez forte)}, \quad \Delta\nu_3 = 1335 \text{ cm}^{-1} \text{ (forte, fine)}.$$

Une autre raie est présente à 1112 cm^{-1}, mais elle est très faible et d'attribution douteuse.

Il y a donc là deux types différents de structure moléculaire. Nous avons cherché si la forme cristalline appartient à l'un d'eux.

Les spectres Raman de cristaux ont été obtenus de la manière suivante. Les cristaux, fraîchement redistillés dans l'ozone et bien secs, sont massés contre la face de sortie du tube Raman, sans aucun liquide d'interposition. Le tube Raman est placé dans un vase Dewar contenant de l'alcool refroidi. L'excitation est faite par la raie 4358 Å du mercure, la lumière étant filtrée par la solution rhodamine-nitrobenzène. Dans ces conditions, avec des poses d'une dizaine d'heures, la fente du spectrographe étant ouverte à $0^{mm},04$, plusieurs clichés ont été pris. Sur tous, deux raies fines sont présentes :

$$\Delta\nu_1 = 1051 \text{ cm}^{-1} \quad \text{et} \quad \Delta\nu_2 = 1400 \text{ cm}^{-1},$$

N^2O^5 dissous dans HNO^3, H^2SO^4 ou leurs mélanges a donc la même structure qu'à l'état cristallin.

Par ailleurs les spectres infrarouges de N^2O^5 gaz ou dissous dans CCl^4 sont identiques [3]; N^2O^5 a donc la même structure qu'il soit à l'état de gaz ou de solution dans CCl^4, $CHCl^3$.

Russ et Pokorni [2] ont montré que N^2O^5 cristallin est fortement polymérisé. On peut donc supposer que N^2O^5 cristallisé ou dissous dans l'acide nitrique et l'acide sulfurique est polymérisé, alors qu'à l'état de gaz ou de solution dans CCl^4, $CHCl^3$, il existe à l'état monomoléculaire. Ainsi s'expliqueraient les deux types de structure et de spectres Raman.

Pour le vérifier nous avons pris un spectre Raman de N^2O^5 en solution

---

(1) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 552.

(2) *Monatsh.*, **34**, 1913, p. 1048.

(3) F. Daniels, *J. Am. Soc.*, **47**, 1925, p. 2856.

dans l'oxychlorure de phosphore $POCl^3$. Walden, qui a étudié ces solutions par cryoscopie, a montré que N^2O^5 y est à l'état monomoléculaire [1]. $POCl^3$ est distillé sur P^2O^5 juste avant dissolution; les solutions sont relativement stables, elles étaient maintenues pendant la pose aux environs de 0°. L'excitation des spectres est identique à celle qui a été décrite plus haut. Dans ces conditions on a mesuré les raies :

$$\Delta\nu_1 = 1243\ \text{cm}^{-1}, \qquad \Delta\nu_2 = 1337\ \text{cm}^{-1}.$$

Le spectre est du même type que ceux de N^2O^5 en solution dans CCl^4. Nous conclurons donc que N^2O^5 existe sous deux formes moléculaires. L'une est monomoléculaire (le corps gazeux, ou dissous dans CCl^4, $CHCl^3$, $POCl^3$), ses fréquences Raman sont : 860-1240 et 1335 cm^{-1}. L'autre est polymérisée (cristal, solutions dans HNO^3, H^2SO^4) et son spectre se compose des raies 1050 cm^{-1} et 1400 cm^{-1}.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Constitution et durcissement structural d'austénites au glucinium carburées.* Note de M. **Marcel Ballay**, présentée par M. Léon Guillet.

Quand on ajoute des quantités croissantes de glucinium à un alliage constitué, pour des conditions de solidification données, de graphite et d'une austénite riche en nickel, une partie du carbone passe à l'état combiné; puis on voit apparaître un constituant, ayant les caractères du composé Gl^2C, dont nous avons précédemment [2] signalé l'existence dans les alliages fer-carbone-glucinium. Ces modifications de l'état du carbone se traduisent par une augmentation de la dureté Brinell, qui passe par exemple de 120 (500^{kg}, bille de 5^{mm}), pour l'alliage initial sans glucinium, à 470 pour 3,88 pour 100 de Gl ($C_T = 2,95$, $Ni = 17,22$, $Si = 1,52$, $Mn = 1,43$).

En l'absence de glucinium, les austénites de ce type sont assez stables et ne durcissent que très peu par chauffage prolongé vers 500° en même temps qu'elles deviennent faiblement magnétiques. Le glucinium rend possible le durcissement structural par précipitation d'un composé soluble dans l'austénite. A la précipitation peut se superposer la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$, ce

(1) *Z. anorg. Ch.*, 68, 1910, p. 314.

(2) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1124.

qui en rend l'étude délicate, mais il est cependant possible de séparer nettement les deux effets par des revenus à températures croissantes.

Le tableau ci-après donne les duretés (charge de 750^{kg}, bille de 5^{mm} de diamètre) d'alliages trempés à l'eau après chauffage pendant 15 minutes à 1000°, puis réchauffés successivement pendant 1 heure à 500°, 650° et 800°; les duretés sont d'ailleurs sensiblement les mêmes si les revenus portent sur les alliages bruts de coulée (jets de 25^{mm} de diamètre coulés en sable). Les essais ont été faits également sur des alliages à teneurs différentes en silicium pour comparer l'effet de cet élément sur la stabilité de l'austénite. Les six alliages contenaient : $C_T = 2,83$ à $2,90$ pour 100, $Ni = 17,34$ à $17,38$ pour 100, $Mn = 1,32$ à $1,34$ pour 100.

	Si pour 100.	Gl pour 100.	Δ. Trempé.	Revenu 500°:1 h.	Revenu 650°:1 h.	Revenu 800°:1 h.
A........	1,56	0	128	132	172	122
B........	1,56	1,02	145	273	232	183
C........	1,56	1,52	231	361	379	321
....	....	....	...	...	...	...
D........	1,59	0	132	134	168	123
E........	5,03	0	101	116	151	147
F........	6,77	0	128	204	205	199

L'étude de la variation de la dureté en fonction de la température de revenu montre bien une augmentation globale sans faire ressortir la part qui revient à la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ et celle qui peut être attribuée à la précipitation d'un composé contenant du glucinium.

Pour apprécier l'importance de chacune de ces causes de durcissement, nous avons particulièrement étudié le revenu d'un alliage contenant $C_T = 2,95$, $Si = 1,52$, $Mn = 1,43$, $Ni = 17,22$, $Gl = 1,70$, préalablement trempé à l'eau à 1000°, en enregistrant des courbes successives au dilatomètre photographique Chèvenard et en mesurant après chaque cycle, sur l'éprouvette, la dureté, le coefficient de dilatation à 100° et le magnétisme (attraction produite par un même aimant). Le tableau ci-après montre que le chauffage à 535° a produit une notable augmentation de dureté Δ sans influer sur la dilatabilité α et le magnétisme.

	Δ (30^{kg}, 1^{mm}).	$10^6 \alpha$ à 100°.	Magnétisme (attraction en gr.).
Trempé à l'eau	235	17,6	6
Après chauffage à 500°	273	17,8	3
» 535	330	17,7	6
» 605	357	15,6	43
» 700	388	14,5	53
» 900	459		81

Les courbes dilatométriques pour les chauffages à 500 et 535° ne montrent pas d'anomalies au refroidissement. Les courbes suivantes indiquent une expansion importante au refroidissement débutant à 80° environ pour les chauffages à 600 et 700° et à 125° pour le chauffage à 900°. Cette expansion qui correspond à la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ a peu d'influence sur la dureté. Nous nous en sommes assuré en réchauffant 10 minutes à 600° ou 650° au bain de sel deux échantillons du même alliage; l'un était refroidi brusquement à l'eau et l'autre plus lentement à l'air. Le magnétisme était évalué ensuite par l'attraction d'un aimant et la dureté Brinell mesurée à la bille (750kg/5mm).

	Δ.	Magnétisme (attraction en grammes).
Trempé à 1000°	225	20
Trempé, revenu 10 minutes à 600°, arrêt à l'eau	348	20
Trempé, revenu 10 minutes à 600°, arrêt à l'air	335	60
Trempé, revenu 10 minutes à 650°, arrêt à l'eau [1]	365	58
Trempé, revenu 10 minutes à 650°, arrêt à l'air [1]	362	145

Ces résultats confirment bien que le magnétisme apparaît surtout au cours du refroidissement suivant le revenu et n'a pas d'influence notable sur le durcissement, au moins pour des chauffages allant jusqu'à 650°.

L'effet du silicium est différent; pour l'alliage F à 6,77 pour 100, le microscope montre bien, après réchauffage à 800°, de fines particules d'un composé précipité dans l'austénite, mais le durcissement reste plus faible, accompagné de modifications intenses des propriétés magnétiques et dilatométriques en relation avec la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'une molécule allénique asymétrique de la série grasse au moyen d'une transposition acétylène-allénique* [2]. Note de MM. **A. E. Favorsky** et **P. A. Fikhomolow**, présentée par M. Auguste Béhal.

Mlle O. P. Aléxéjéwa [3] avait montré que le méthyl-butyl tertiaire-acétylène, au moment de sa formation par la réaction de l'iodure de méthyle

---

[1] Les revenus ont été faits successivement à 600 et 650° sur les mêmes échantillons, le revenu étant toujours arrêté dans les mêmes conditions.

[2] Favorsky et Favorskaja, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 839.

[3] *Journ. Soc. Ph. Chim. russe*, 50, 1918, p. 568.

sur le bromure de butyl tertiaire-magnésium, s'isomérise en buthyl tertiaire-allène :

$$(CH^3)^3C-C\equiv C-CH^3 \rightarrow (CH^3)^3C-CH=C=CH^2$$

Nous nous sommes servis de cette transposition pour la synthèse d'une molécule allénique asymétrique, capable d'être décomposée en antipodes optiques, admettant que, non seulement dans le cas indiqué, mais en général sous l'influence du radical tertiaire dans les acétylènes bisubstitués, aura lieu une migration d'un atome d'hydrogène fixé au second substituant en position β et formation d'une structure allénique; dans le cas, où ce substituant possédera un groupement fonctionnel quelconque, la molécule asymétrique obtenue pourra être décomposée en antipodes optiques.

La synthèse fut réalisée de la manière suivante : par l'action du butyl-tertiaire-acétylène-bromomagnésien sur la chloracétone fut obtenu l'alcool chloré tertiaire correspondant; de ce dernier, sous l'action de potasse en poudre dans une solution éthérée, on a obtenu un oxyde qui fut ensuite isomérisé par l'action du chlorure de zinc en aldéhyde acétylénique. L'aldéhyde, en s'isomérisant de son côté, a procuré une molécule allénique asymétrique

$$(CH^3)^3C-C\equiv C-C(OH)(CH^3)-CH^2Cl \rightarrow (CH^3)^3C-C\equiv C-C(CH^3)\!<\!\!\overset{O}{\underset{CH^2}{|}}$$

F. : 29-31°; Éb$_{15}$: 66°. Éb. : 154-156°.

$$\rightarrow (CH^3)^3C-C\equiv C-CH(CH^3)-C\!\!\begin{smallmatrix}\nearrow O\\ \searrow H\end{smallmatrix} \rightarrow (CH^3)^3C-CH=C=C(CH^3)-C\!\!\begin{smallmatrix}\nearrow O\\ \searrow H\end{smallmatrix}$$

Éb$_{20}$: 58-59°.

L'aldéhyde donne une semicarbazone (F. : 156-157°). Étant oxydée par le permanganate de potassium elle a donné les acides triméthylpyruvique, triméthylacétique et acétique. L'ozonisation a donné les acides formique et triméthylacétique ainsi que l'aldéhyde acétique qui s'est formé comme produit de la décomposition de l'acide lactique pendant l'ébullition des acides avec l'acide sulfurique étendu.

La décomposition de la molécule asymétrique en anipodes optiques est en train.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode d'extraction des aldéhydes et des cétones de leurs combinaisons bisulfitiques.* Note de M. **André Barbot**, présentée par M. Georges Urbain.

Dans le but de régénérer les aldéhydes et les cétones de leurs combinaisons avec le bisulfite de sodium, on utilise communément l'action des acides ou des agents alcalins sur les combinaisons bisulfitiques. L'acide sulfureux que les acides mettent en liberté dans cette action s'élimine difficilement des solutions aqueuses dont il est souvent nécessaire de prolonger l'ébullition, provoquant une condensation appréciable de l'aldéhyde. De plus, si la cétone ou l'aldéhyde n'est pas saturée, l'addition de l'acide sulfureux sur la double liaison est à redouter. L'emploi du carbonate de sodium ne présente pas à un degré aussi élevé ces inconvénients, bien que le sulfite de sodium soit un bon agent de condensation des aldéhydes; en outre, l'acide sulfureux n'étant plus libéré, l'usage en est généralement préféré.

Il est des cas où la présence d'un milieu alcalin est à rejeter; par exemple si la molécule de l'aldéhyde ou de la cétone renferme des groupements saponifiables. De même, le chauffage avec la solution de sulfite peut être indésirable; par exemple si l'aldéhyde ou la cétone renferment des atomes d'halogène susceptibles de s'échanger facilement contre des groupements sulfoniques.

J'ai constaté qu'il était possible de déplacer un aldéhyde ou une cétone de sa combinaison bisulfitique par le formol.

Bien que l'étude de l'état d'équilibre entre le bisulfitique de l'aldéhyde ou de la cétone considérées et du sulfoxylate de sodium n'ait pas été entreprise spécialement, l'expérience montre que du point de vue de la régénération des aldéhydes ou des cétones, il n'est pas nécessaire d'employer un gros excès de formol pour provoquer un déplacement pratiquement complet du dérivé carbonylé.

Ceci tient à la stabilité toute particulière de l'oxyméthane-sulfonate de sodium, très supérieure à celle des autres combinaisons bisulfitiques. Cela permet le cas échéant de pouvoir, entres certaines limites, aciduler ou alcaliniser la solution mère sans provoquer la libération du formol ou de l'acide sulfureux.

Le déplacement de la cétone ou de l'aldéhyde par le formol a lieu avec une vitesse qui est fonction des concentrations en formol et en bisulfitique, de la température et de la nature du dérivé carbonylé.

On peut opérer à la température ordinaire : l'aldéhyde ou la cétone libérés se rassemblent en une couche dont l'épaisseur traduit l'état de la réaction. Pratiquement il est préférable de chauffer à la température du bain-marie. Pour un dérivé bisulfitique dont la décomposition eut exigé 24 heures à la température ordinaire, il ne faut plus alors que 2 à 3 heures.

Le mode opératoire est le suivant :

Le bisulfitique est mis en suspension dans l'eau et additionné de formol jusqu'à odeur apparente. La solution est chauffée au bain-marie. La couche du dérivé carbonylé est décantée. On vérifie en prolongeant un peu le chauffage des eaux mères après addition d'une petite quantité de formol qu'il ne se sépare plus de produit.

La méthode, qui a été essayée sur les bisulfitiques de divers cétones et aldéhydes, a servi à la purification du semi-aldéhyde-éther sébacique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des acides organiques sur les éthers-sels.* Note (1) de MM. **Henry Gault** et **André Chablay**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le déplacement, dans les éthers-sels, des *acides* correspondant aux radicaux *acidyles* par d'autres acides, n'a donné lieu, dans le cas des éthers-sels des acides organiques, à part la courte mention que l'on relève à ce sujet dans le *Traité de Chimie organique* de Berthelot et Jungfleisch, qu'à un nombre restreint de publications (2).

Toutefois les recherches de ces divers auteurs ont eu surtout, sauf celles de E.-E. Reid, un but pratique et nous n'avons pas connaissance qu'aucune étude systématique développée de cette réaction, à laquelle L. Palfray a donné le nom d'*acidolyse*, ait été publiée jusqu'à présent.

L'acidolyse, comme on peut le déduire de la conjugaison des deux réactions d'équilibre relatives à l'éthérification d'un même alcool par deux acides différents, est elle-même une réaction reversible. Nous avons jugé intéressant d'en faire l'étude cinétique expérimentale et nous avons dirigé,

(1) Séance du 28 septembre 1936.

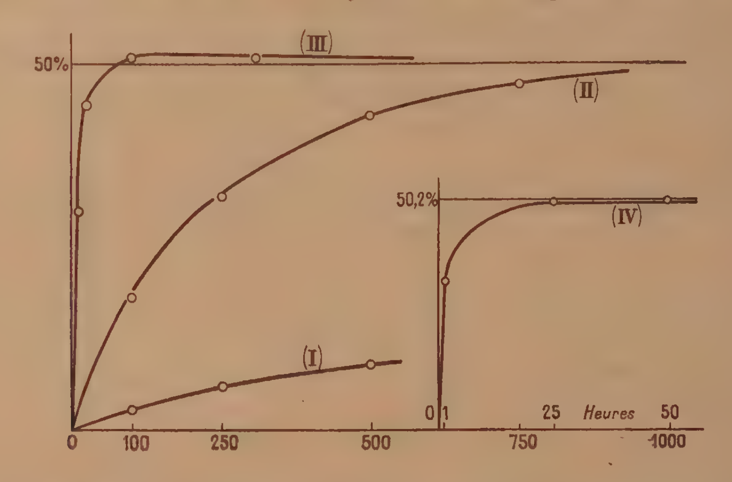
(2) Berthelot et Jungfleisch, *Traité de Chimie organique*, 1, 1898, p. 258; E. E. Reid, *Amer. Chem. J.*, 45, 1911, p. 479; W. Normann, *Chem. Umschau*, 30, 1923, p. 250; K. Pistor, *Farben Z.*, 30, 1925, p. 3056; E. Fourneau et Sabetay, *Bull. Soc. chim.*, 41, 1927, p. 537 et 45, 1929, p. 835; R. Oda, *J. Soc. Chem. Japan Suppl.*, 36, 1933, p. 292, 376, 496 et 571 B; G. D. Graves, Br. amér. 1882808, 1928.

en premier lieu, nos recherches sur le système double suivant :

$$R.COOH + R'.COOCH^3 \rightleftharpoons R.COOCH^3 + R'.COOH,$$

dans lequel R et R' sont des radicaux acycliques saturés.

Nous exposons dans cette Note les premiers résultats que nous avons obtenus dans l'étude du système double pour lequel $R = CH^3$



et $R' = C^{15}H^{31}$, c'est-à-dire du système acide acétique-palmitate de méthyle (1) et acide palmitique-acétate de méthyle (2)

$$CH^3.COOH + C^{15}H^{31}.COOCH^3 \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} CH^3.COOCH^3 + C^{15}H^{31}.COOH.$$

Ce système double est plus particulièrement facile à étudier en raison de la simplicité des opérations analytiques qui, se ramenant au titrage de mélanges d'un acide soluble et d'un acide insoluble dans l'eau, permettent d'en suivre aisément l'équilibre.

Dans une première série d'essais, nous avons étudié la vitesse des deux réactions (1) et (2), en l'absence et en présence de catalyseur, à température constante (100°) et pour une concentration initiale bien déterminée, en fait la concentration équimoléculaire. Voici les résultats que nous avons obtenus.

I. Essais en l'absence de cataliseur. — 1° *Acide acétique + palmitate de méthyle.* — La réaction de déplacement est très lente et, au bout de 500 heures, 9,07 seulement d'acide acétique sont transformés en acétate de méthyle : l'équilibre est très loin d'être atteint [courbe (I)].

2° *Acide palmitique + acétate de méthyle.* — Cette réaction, inverse de la précédente, est beaucoup plus rapide; en 500 heures, 42,7 pour 100 d'acide palmitique sont transformés en palmitate de méthyle : l'équilibre est presque atteint au bout de 1000 heures [courbe (II)].

II. Essais en présence de catalyseur. — Qu'il s'agisse de l'une ou l'autre des réactions (I) et (II), la vitesse est considérablement accélérée. L'état d'équilibre (50 à 51 pour 100) est atteint en 50 heures environ avec 5 d'acide sulfurique pour 1000 d'acide acétique pour la réaction (1) [courbe (III)] et en 12 heures environ avec 5 d'acide sulfurique pour 1000 d'acétate de méthyle pour la réaction (II) [courbe (IV)].

Le déplacement de l'acide acétique par l'acide palmitique dans l'acétate de méthyle est donc, en l'absence comme en présence de catalyseur et comme on pouvait le prévoir, plus rapide que le déplacement de l'acide palmitique par l'acide acétique dans le palmitate de méthyle.

Ces résultats expérimentaux et le calcul des constantes de vitesse et d'équilibre vérifient que la réaction d'un acide organique sur un éther-sel est bien une réaction réversible obéissant aux lois générales des équilibres chimiques.

Nous nous proposons d'étendre successivement cette étude à des systèmes d'acides et d'éthers-sels appartenant aux divers groupes de la Chimie organique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Polymorphisme de l'octacétylsaccharose.* Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Richard Fosse.

I. L'octacétylsaccharose a été obtenu pour la première fois à l'état cristallin par Herzfeld et Niedschlag (1), qui indiquent que ce corps fond à 67°. Ce dérivé a été préparé depuis par bien des chercheurs, qui lui ont assigné, entre autres, les points de fusion suivants : 67° (2), 69° (3), 72°-73° (4), 70° (5).

En 1930, Pictet (6) a signalé que l'octacétylsaccharose fraîchement préparé fond bien à 70° (forme I), mais que le point de fusion s'abaisse avec le temps jusqu'à 65°,

---

(1) *Chemiker Zeitung*, 1887, p. 139.
(2) Kœnigs et Knorr, *Berichte deut. chem. Ges.*, **34**, 1901, p. 4347.
(3) Hudson et Johnson, *J. Amer. Chem. Soc.*, **37**, 1915, p. 2748.
(4) Brigl et Scheyer, *Zeit. physiol. Chem.*, **160**, 1926, p. 214.
(5) Pictet et Vogel, *Helv. Chim. Acta*, **11**, 1928, p. 436.
(6) *Helv. Chim. Acta*, **13**, 1930, p. 698.

pour se fixer finalement à 75° (forme II) après quelques mois de conservation. Ce phénomène semble avoir été réobservé par Georg [1]. Les formes I et II, quoique ayant des propriétés cristallographiques voisines, diffèrent nettement par la valeur des indices n_m et n_p [2].

Enfin Cox, Ferguson et Dodds [3], qui ont particulièrement étudié la préparation industrielle et les propriétés physiques de ce dérivé, indiquent qu'il fond à 69-70°, mais que le point de fusion varie quelque peu avec la vitesse de chauffe.

II. Ayant acétylé du saccharose par la méthode habituelle, j'ai été fort surpris d'obtenir des résultats inattendus. Une première opération m'a conduit à un dérivé acétylé sirupeux qui a cristallisé spontanément avec le temps : l'octacétylsaccharose obtenu ainsi est identique à la forme I de Pictet, quoique son point de fusion soit un peu bas (65°); une seconde opération m'a conduit d'emblée à la forme I cristallisée. Ayant conservé les deux échantillons ainsi préparés, nous avons observé que leur point de fusion devenait peu net, au bout de quelques mois. Précipitant alors par l'eau, une solution alcoolique de cette forme I, nous avons obtenu l'octacétylsaccharose sous forme de longues aiguilles fondant à 87°. Ultérieurement, toutes les acétylations que nous avons effectuées sur divers échantillons de sucre nous ont conduit d'emblée à la forme fondant à 87° que j'appellerai forme III. Je n'ai d'ailleurs jamais pu reproduire la forme I en amorçant une solution sursaturée de I ou de III, sans doute parce que les échantillons préparés initialement de forme I étaient déjà contaminés par la forme III.

III. Les formes I et III ne contiennent pas de solvant de cristallisation; elles ont le même indice d'acétyle; la forme III ne peut pas être reacétylée; sous l'action de l'ammoniac alcoolique, elle régénère du saccharose. La forme III est moins soluble que la forme I : une solution de I dans le sulfure de carbone laisse rapidement déposer des cristaux de III.

Les formes I et III ont, dans le chloroforme, le même pouvoir rotatoire et la même dispersion rotatoire, aux erreurs d'expérience près :

Forme I......... $[\alpha]_{589}^{22,5} = +59°,4$ $[\alpha]_{546}^{22,5} = +70°,9$ $\dfrac{[\alpha]_{436}}{[\alpha]_{578}} = 1,86$

Forme II........ $[\alpha]_{589}^{22,5} = +59°,3$ $[\alpha]_{546}^{22,5} = +70°,8$ $\dfrac{[\alpha]_{436}}{[\alpha]_{578}} = 1,86$

---

(1) *Helv. Chim. Acta*, **16**, 1933, p. 130.

(2) Duparc et Galopin, *Helv. Chim. Acta*, **13**, 1930, p. 702.

(3) *Ind. and Eng. Chemistry*, **25**, 1933, p. 967.

IV. M. Gaubert a bien voulu examiner les formes I et III au point de vue cristallographique. Il résulte de ses mesures que, pour la forme I (recristallisée dans l'alcool), les indices n_g, n_m, n_p ont, pour la lumière jaune, les valeurs suivantes :

n_g voisin de 1,50, $n_m = 1,466$ ($\pm$ 0,003), $n_p = 1,442$ ($\pm$ 0,003).

Ces valeurs s'accordent avec celles trouvées par Duparc et Galopin pour la forme I.

Les mesures faites sur la forme III ont été exécutées sur un échantillon recristallisé du sulfure de carbone : on a ainsi obtenu de longues aiguilles d'apparence soyeuse, mais qui sont en réalité des prismes *creux* aisément déformables. Les indices trouvés sont :

$n_g = 1,505$ ($\pm$ 0,003), $n_m = 1,485$ ($\pm$ 0,003), $n_p = 1,458$ ($\pm$ 0,003),

valeurs très différentes de celles obtenues par Duparc et Galopin pour les formes I et II.

On voit donc que l'octacétylsaccharose est trimorphe, la forme la plus stable, décrite plus haut, fondant à 87°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude du β-myrcène. Son hydrogénation catalytique.* Note [1] de MM. **Georges Dupont** et **Victor Desreux**, présentée par M. Robert Lespieau.

Nous avons montré [2] que le β-myrcène s'hydrogénait par l'action du sodium et de l'alcool, non pas exclusivement en α sur la double liaison, comme le pensait Semmler, mais encore, en partie, sur la liaison primaire-secondaire terminale.

Nous avons pensé qu'il pouvait être important, pour la connaissance du mécanisme de l'hydrogénation des systèmes conjugués, de comparer aux résultats précédents ceux que peuvent fournir les procédés catalytiques d'hydrogénation.

1. *Hydrogénation par le nickel actif.* — Ce procédé [3], appliqué au myrcène en arrêtant l'hydrogénation après fixation d'une molécule d'hy-

---

[1] Séance du 5 octobre 1936.

[2] *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 623.

[3] Voir G. Dupont, *Bull. Soc. chim.*, 5e série, **3**, 1936, p. 1021.

drogène, donne un dihydromyrcène dont le spectre est tout à fait semblable à celui du carbure fourni par l'action du sodium et de l'alcool. L'hydrogénation s'est faite encore ici surtout en position 1.4 sur le système conjugué [en donnant du méthylgéraniolène (I)] mais elle a porté partiellement aussi sur la double liaison terminale en donnant le dihydromyrcène (II) :

Myrcène. (I). Dihydromyrcène (méthylgéraniolène). (II). Dihydromyrcène. (III). Tétrahydromyrcène.

La proportion de ce deuxième produit est ici visiblement très supérieure à ce qu'elle était dans le cas de l'hydrogénation par le sodium et il est d'ailleurs possible ici de la déterminer.

Si l'on poursuit, en effet, l'hydrogénation du mélange, on constate qu'il peut, à nouveau, absorber $0^{mol},37$ d'hydrogène, mais pas davantage. Dans le spectre du produit obtenu, on retrouve toutes les raies du méthylgéraniolène, mais la raie 1648 a disparu. D'ailleurs, le méthylgéraniolène pur résiste à l'hydrogénation par cette méthode. C'est donc le dihydromyrcène (II) qui a fixé les $0^{mol},37$ d'hydrogène, pour donner un tétrahydromyrcène (III) qui, d'ailleurs, résiste à l'hydrogénation. Ce résultat nous montre que la proportion de dihydromyrcène (II) dans le produit d'hydrogénation était voisine de 37 pour 100.

2. *Hydrogénation par le charbon palladié.* — Le résultat obtenu ici est intermédiaire entre les deux précédents, l'*hydrogénation se fait encore ici principalement en position* 1.4 *sur le système conjugué* (75 *pour* 100 *environ*), *mais partiellement aussi* (25 *pour* 100 *environ*) *sur la double liaison terminale.*

3. *Hydrogénation par le noir de platine.* — Enfin, avec le noir de platine (platine d'Adams), nous trouvons un processus tout différent d'hydrogénation.

Le produit obtenu, en arrêtant l'opération après absorption de 1^{mol} d'hydrogène, se présente, à l'analyse Raman, comme un mélange de myrcène non touché et d'un tétrahydromyrcène. Par fixation de 2^{mol} d'hydrogène, le myrcène disparaît complètement, et l'on obtient seulement du tétrahydromyrcène (III). Le produit ainsi obtenu, qui contient

encore une double liaison, ne fixe plus d'hydrogène en présence de platine dans les conditions ou nous opérons.

Il ne se forme pas intermédiairement de dihydromyrcène car :

1° le spectre du produit semi-hydrogéné ne contient ni les raies caractéristiques du méthylgéraniolène ni la raie 1648 correspondant à une double liaison terminale;

2° le méthylgéraniolène lui-même, traité dans les mêmes conditions, fixe 2 molécules d'hydrogène en donnant le composé saturé sans arrêt notable au stade intermédiaire (pas de raies correspondantes dans le spectre du produit de semi-hydrogénation, qui est l'exacte superposition de celui du méthylgéraniolène et de celui du dérivé saturé).

Il résulte de ce qui précède que le méthylgéraniolène ne peut être un produit intermédiaire dans l'hydrogénation du myrcène, puisque son hydrogénation propre conduirait au produit saturé.

L'absence de raie 1648 dans le spectre du tétrahydromyrcène conduit à lui attribuer la formule (III) du diméthyl-2.6-octène-2.

Cette formule a été confirmée par l'oxydation par l'ozone qui a donné une proportion d'acétone égale à 80 pour 100 de la quantité théorique.

Les propriétés de ce diméthyl-2.6-octène-2 sont les suivantes : ébull. 65-66° sous 17^{mm}; $D_4^{22} = 0,746$; $n_D^{22} = 1,425$ n. de brome 1,9 atome.

Spectre : 386 (f. 1), 454 (f. 1), 764 (an. 2), 832 (f. 3), 911 (an. 3), 953 (f. 2), 1066 (an. 1), 1130 (an. 2), 1278 (f. 3), 1349 (an. 3), 1379 (n. 8), 1434-61 (b. 12), 1675 (n. 15).

Conclusions. — 1° L'hydrogénation catalytique par le noir de palladium ou par le nickel de Raney, se fait suivant le même mécanisme que par le sodium et l'alcool : formation largement dominante de méthylgéraniolène (par fixation de 2H en position γ sur le système conjugué). Mais la proportion du produit résultant de la simple saturation de la double liaison terminale est plus forte dans le cas du palladium (25 pour 100) et plus forte encore dans le cas du nickel (37 pour 100 environ). Ces résultats contredisent l'opinion généralement admise que l'hydrogénation catalytique des systèmes conjugués se fait principalement, sinon exclusivement, sur l'une des deux doubles liaisons.

2° L'hydrogénation catalytique, à l'aide du platine d'Adams, s'effectue suivant un mécanisme tout à fait différent : la fixation en 1.4 est inexistante ici; le carbure fixe *en bloc* 2 molécules d'hydrogène sur le système conjugué sans formation sensible d'un dihydromyrcène intermédiaire. Un

résultat semblable (fixation en bloc de $2H^2$) est d'ailleurs obtenu avec le géraniolène lui-même et le fait est ici d'autant plus remarquable que les doubles liaisons ne sont plus conjuguées mais distantes dans la chaîne si, du moins, on considère celle-ci comme droite.

GÉOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Genèse des colloïdes argileux dans l'altération spontanée d'un granite en case lysimétrique*. Note de MM. **Albert Demolon** et **Étienne Bastisse**, présentée par M. Lucien Cayeux.

La méthode expérimentale utilisée par Daubrée, dès 1867, dans l'étude de l'altération des roches a, entre autres inconvénients, celui d'exagérer artificiellement les effets de trituration mécanique. Nous avons observé l'altération d'un granite dans des conditions plus voisines de celles réalisées naturellement, en utilisant des cases lysimétriques. Chaque case ($1^m \times 1^m$) a été remplie en 1930 avec un granite à deux micas préalablement réduit en fragments de dimensions comprises entre 2 et 4^{mm} (800^{kg} de granite sur une épaisseur de 60^{cm}). Les eaux de drainage, toujours limpides, ont été recueillies et analysées périodiquement. Après cinq années d'abandon aux conditions naturelles sans végétation, nous avons examiné les modifications survenues.

1° L'analyse mécanique a montré que la masse se répartissait en trois fractions sensiblement égales : de 2 à 1^{mm}, de 1 à $0^{mm},2$ et au-dessous de $0^{mm},2$. Le taux d'éléments classés dans la catégorie argile ($< 2^{\mu}$) s'est élevé à 0,80 pour 100 avec une répartition sensiblement identique en surface et en profondeur. La pulvérisation du granite initial s'est donc poursuivie uniformément dans toute la masse sans l'intervention des sources d'énergie mécanique mise en jeu au cours des phénomènes de transport. D'autre part, la séparation des espèces minérales est à peu près totale au-dessous de 200^{μ}.

2° L'analyse chimique des divers fractionnements montre que les modifications ne commencent à se manifester que pour les éléments de moins de 200^{μ} ; au fur et à mesure que s'accroît la finesse des particules, le taux de SiO^2 s'abaisse graduellement tandis que les sesquioxydes et l'eau d'hydratation augmentent.

	Granite initial.	Granite altéré des cases.			Terre granitique. (sous-sol).	Terre à briques (horizon B).
		Limon	Argile	Argile	Argile	Argile
		20μ à 2μ.	2μ à 0μ,75.	< 0μ,75.	< 0μ,75.	< 0μ,75.
SiO^2	74,75	69,43	60,72	55,61	42,40	48,90
Al^2O^3	13,50	15,95	21,59	22,98	31,05	25,40
Fe^2O^3	1,50	2,22	2,70	2,82	7,85	8,70
CaO	0,93	0,98	0,99	1,12	0,30	0,22
MgO	0,59	0,93	1,46	2,03	0,51	1,26
K^2O	4,63	4,65	4,50	4,63	3,21	2,70
H^2O	0,90	2.10	4,06	7,54	10,95	9,77
$(SiO^2)/(Sesquiox.)$	8,78	6,64	4,40	3,87	2,00	2,67
Cap. de fixation des bases (méq. pour 100g)	–	–	61	67	81	82

Quant aux bases à l'état non échangeable, leur proportion centésimale varie peu en ce qui concerne CaO et K^2O, tandis qu'on observe une élévation marquée du taux de MgO. La comparaison avec le granite initial ne fournit pas d'indications précises sur l'évolution de ces divers éléments, les constituants du granite concourant inégalement à la formation de la fraction colloïdale. L'analyse des eaux de drainage permet, au contraire, de chiffrer exactement les pertes par lessivage.

Au cours des cinq années considérées, il est tombé 2806mm de pluie dont 1159 ont drainé. Il n'a été ainsi éliminé au total par case que 311g de matières minérales renfermant 20g de SiO^2, 31g de K^2O, 18g,4 de MgO, 89g de CaO. Cette perte de substances solubles est très inférieure à celle constatée par Daubrée. Si l'on tient compte de ce qu'il y a eu formation de 6kg,48 de matières argileuses, on peut conclure que les processus de solubilisation et d'hydrolyse entraînant l'élimination des bases n'ont contribué que pour une faible part à cette production. Ce sont les phénomènes d'*hydratation* qui ont joué le rôle principal.

3° La fraction inférieure à 2μ présente le caractère de *suspensoïdes hydrophiles* propres aux colloïdes argileux avec une capacité de fixation pour les bases atteignant 66 milliéq. pour 100g. Cette matière argileuse a été fractionnée en deux parties, de 2μ à 0μ,75, et au-dessous de 0μ,75. La composition comparée des deux fractions reflète une évolution plus avancée des particules les plus fines.

D'autre part, nous avons rapproché ces colloïdes de ceux extraits du

sous-sol d'une terre granitique provenant de la même roche mère et de l'horizon B d'une terre de limon. Les différences portent essentiellement sur le taux de SiO^2 et sur les teneurs en bases non échangeables (CaO, MgO, K^2O). Ces deux indices sont plus élevés dans le cas des colloïdes de néo-formation.

Conclusions. — L'expérience que nous venons de relater permet de saisir la genèse de l'argile dans l'altération du granite. Elle montre que les colloïdes argileux prennent naissance de façon précoce par voie d'hydratation des minéraux avec conservation d'une partie importante des bases de constitution. Nos observations rejoignent sur ce point celles de Zemiatchensky [1] concluant à la transformation des feldspaths en hydromicas. On doit donc considérer que la théorie de S. Marrson [2] expliquant la formation de l'argile par précipitation mutuelle de colloïdes divers ne correspond qu'à des processus secondaires.

D'autre part nos constatations appuient la conception tirée d'autres faits suivant laquelle la micelle argileuse serait hétérogène et comporterait un noyau solide entouré d'une zone ayant la nature d'un gel colloïdal. On comprend ainsi que l'argile puisse manifester une structure cristalline, qu'elle varie dans sa composition chimique et qu'elle soit susceptible d'évoluer dans les sols sous l'influence des facteurs climatériques.

GÉOLOGIE. — *Sur la stratigraphie des formations récentes de la Chaîne annamitique septentrionale et sur l'existence de l'Homme dans le Quaternaire inférieur de cette partie de l'Indochine.* Note [3] de M. **Jacques Fromaget**, transmise par M. Charles Jacob.

La découverte dans le Nord de la Chaîne annamitique de quelques restes d'un hominien, probablement contemporain du *Sinanthropus* de Péking, m'incite à résumer mes observations sur les formations récentes de ces régions.

Le Tertiaire le plus ancien, du Miocène lacustre, affleure à M. Peun (Sam Neua), où il a été signalé par L. Dussault. Ce sont des poudingues torrentiels, suivis de grès sableux blancs et de marnes schisteuses noires ou

---

(1) *Travaux de l'Institut Bokoutchaieff*, Leningrad, n° 8, 1933, p. 1-42.

(2) *Soil Science*, New Jersey, 31, 1931, p. 57-77.

(3) Séance du 12 octobre 1936.

brunes, très redressés, qui dépassent 1400^{m} d'altitude et sont en relation avec les témoins d'une vieille pénéplaine conservée dans des crêtes culminant à 1500^{m} d'altitude et un peu plus.

Au milieu de ce Miocène raviné s'étend une pénéplaine de 1100 à 1300^{m} d'altitude, très nette dans la vallée de M. Peun, qui se suit dans les arêtes et replats bordant le Haut Song Ca jusqu'à la Chaîne annamitique, passant, au Nord, dans le bassin du Song Ma (Golfe du Tonkin), puis au Sud-Ouest et au Sud dans celui du Nam Khan et du Nam Ngum (Mékong), où elle forme notamment la partie principale du Plateau du Tran Ninh et de sa célèbre Plaine des Jarres. Cette vieille surface, que j'appellerai désormais *Pénéplaine du Tran Ninh*, m'a donné en divers points un grand nombre de renseignements concordants que je vais résumer en prenant comme coupe celle que j'ai relevée au pied Sud du P'Ou Loi dans le bassin supérieur du Song Ca, quitte à la compléter chaque fois qu'il sera nécessaire.

1° Les formations les plus anciennes sont des graviers jaunes, à galets assez bien roulés et recouverts d'une épaisse patine d'altération, qui garnissent, vers 1100^{m} d'altitude, une énorme excavation creusée dans les calcaires dévoniens. J'ai retrouvé ces graviers à la même altitude, mais avec des galets s'écrasant sous la pression des doigts, à la base des formations récentes du Tran Ninh. Ils seraient contemporains du creusement qui s'est terminé par la pénéplaination de cette région.

2° Sur cette pénéplaine du Tran Ninh vient un loess jaune clair, très fin, plus argileux en dessus qu'en profondeur où il peut même devenir sableux, dans lequel j'ai recueilli quelques fragments gréseux : galets à peine roulés en général, revêtus d'une patine pulvérulente, jaune, et montrant des traces d'éclats formant pointes ou tranchants, mais sans évidence de taille intentionnelle. Cette formation, qui paraît s'être déposée durant tout le Pliocène, se retrouve : au Tran Ninh, au-dessus des graviers précédents; dans la plaine de M. Soui, à plus de 1150^{m} d'altitude; au Sud du P'Ou Soung, à la limite des provinces de Luang Prabang et du Tran Ninh, vers 1200^{m}; ainsi qu'à Ban Som dans la boucle du Mékong à l'Ouest de Luang Prabang, à plus de 600^{m}. En passant, je signalerai que, non loin du littoral du Nord-Annam, une formation semblable affleure à Khé-Tong dans le Quang Binh vers 100^{m} d'altitude [1], puis dans le Thanh Hoa vers la cote 40 et même un peu au-dessous [2].

---

[1] H. Mansuy et J. Fromaget, *Bull. Serv. géol. Indochine*, 13, III, 1924, p. 62.

[2] M. Colani, *Bull. École française d'Extrême-Orient*, 30, III-IV, 1930, p. 299-422.

C'est dans la seconde moitié de la période correspondant au dépôt du loess que se place la formation du bassin tertiaire de Ban Ban, situé également dans la Chaîne annamitique à un niveau qui ne paraît guère dépasser 800^m d'altitude, auquel correspond une pénéplaine de 650 à 900^m, très constante dans la Chaîne annamitique du Nord, le Tonkin occidental et le Haut-Laos.

A la base du lœss et au sommet de la formation suivante, j'ai recueilli à Tam Hang une faune de Mammifères, contenant, avec les éléments du Quaternaire le plus inférieur de Lang Son, du Kouang Si, de Trinil et de Chou Kou Tien, *un fragment de temporal paraissant appartenir à un hominien*, puis des os incisés et même taillés et quelques pierres à pointe ou tranchants, à peu près semblables à celles du loess.

J'ai retrouvé cette même faune avec une *deuxième molaire inférieure d'hominien* dans des graviers alternant avec un limon argilo-sableux et des lentilles de phosphate et formant une terrasse accidentelle à 1000^m d'altitude, à une douzaine de kilomètres au Nord de Tam Hang dans le bassin du Song Ma.

Les principaux éléments des faunes de cet horizon sont les suivants : Hominien, *Simia* cf. *satyrus* L.; *Macacus* cf. *robustus* Young; *Ursus* cf. *angustidens* Zd.; *Felis* aff. *F. tigris* L.; *F.* cf. *pardus* L.; *Hystrix* cf. *subcristata* Swin.; *Tapirus augustus* Matt. et Grang.; *Elephas* sp.; *Rhinoceros* cf. *plicidens* Kok.; *R.* cf. *sivalensis* Falc. et Cott.; *Bibos* cf. *geron* Mats.; *Pseudaxis* aff. *P. Grayi* Zd.; *Sus* cf. *Lyddekeri* Zd.

Les gisements de ces faunes montrent qu'elles sont contemporaines de la phase de creusement qui a raviné les derniers dépôts du lœss et précédé celui du limon rouge quaternaire. C'est, semble-t-il, aussi de cette époque que datent les graviers quartzeux souvent latéritisés du Tran Ninh.

3° Le lœss raviné supporte une épaisseur variable de limon argileux, rouge brique, avec rares traces charbonneuses, divisé par une multitude de plan de glissements, lisses et cannelés verticalement, qui indiquent des mouvements de ce dépôt. J'ai retrouvé ce limon en différents points du Tran Ninh, dans les régions les moins érodées (Plaine des Jarres, Muong Soui, Tam La, etc.). Au Tonkin, il semble raviner le Quaternaire inférieur de Lang Son. Cette formation représenterait la totalité du Quaternaire, elle aurait comme équivalent les latérites (le Bienhoa) qui couvrent de si grandes étendues en Indochine. Au Tran Ninh, elle serait séparée de la formation suivante par un gravier ou encore par un conglomérat torrentiel,

dont les blocs de quartz ainsi que ceux de grès qui ont servi à faire les jarres seraient les témoins.

4° Sur ce limon rouge, profondément raviné à son tour, vient un autre limon plus brun, de 2 à 3^m d'épaisseur; c'est le niveau archéologique principal du Préhistorique indochinois; il m'a donné dans ces régions une succession complète allant du Mésolithique le plus bas au Néolithique le plus élevé avec des restes humains.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Observation d'un orage magnétique à Ambatoabo (Madagascar)*. Note [1] de MM. **André Savornin** et **André Ranarivelo**, présentée par M. Charles Maurain.

Au cours d'une prospection magnétique à la balance verticale de Schmidt, comportant 86 stations, à laquelle nous avons procédé, du 26 juillet au 2 août 1936, à Ambatoabo, environ 60^{km} à l'ouest-nord-ouest de Fort-Dauphin, il nous a été donné de faire un certain nombre d'observations qui permettent de suivre le développement d'une perturbation magnétique temporaire très localisée.

Pendant les journées du 26 juillet au 1er août, les fermetures à la station repère étaient très régulières et dénotaient une amplitude de variation diurne d'environ 80^γ, avec maxima vers 7^h et 17^h, minimum vers 11^h et 13^h : ces résultats sont en concordance avec ceux observés à Betroka (à 300^{mk} au nord d'Ambatoabo) où la variation diurne fut suivie pendant 5 jours (amplitude 70^γ maximum vers 7^h, minimum vers $14^h 30^m$) [2].

Or, brusquement, au cours de la journée du 1er août, les fermetures indiquèrent une marche anormale de la variation diurne. Partant à 9^h de $+280^\gamma$ (par rapport au zéro de l'échelle), ΔZ n'atteignait que $+260^\gamma$ à $11^h 45^m$ (contre 200 : moyenne normale) et passait à $+325^\gamma$ à 16^h pour atteindre $+545^\gamma$ à $17^h 15^m$, soit 300^γ de plus que la valeur normale. Le 2 août, à 7^h, elle était encore $+420$ (contre 290 en moyenne) et $+520$ à $9^h 15^m$ (soit 170^γ de plus que la moyenne). Les mesures, interrompues à ce moment, furent reprises deux jours après et redonnèrent des fermetures tombant à nouveau dans la normale. Les mesures ont été faites successi-

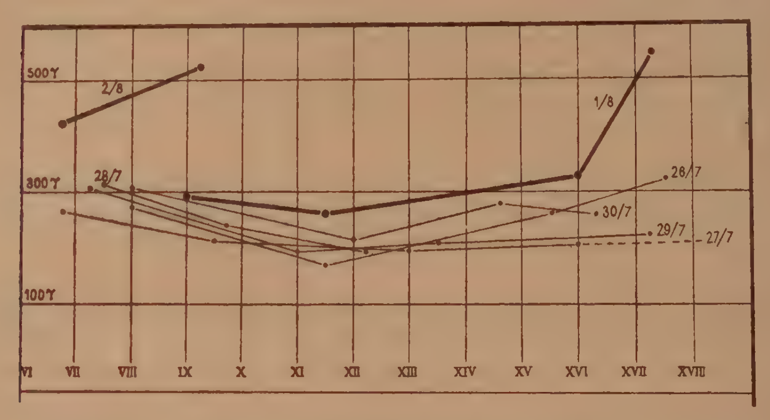
---

(1) Séance du 12 octobre 1936.

(2) André Savornin, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 858.

vement en chaque point, à 2 ou 3 minutes d'intervalle, par les deux opérateurs, ce qui ôte tout risque de faute grossière : les variations de température n'ont, par ailleurs, pas dépassé 5°.

Dans le détail, on peut suivre d'un façon encore plus précise la marche



Ambatoaba. — Lectures à la station répère entre les 26 juillet et 2 août 1936.

du phénomène, en comparant les valeurs normales obtenues aux stations entre le 26 juillet et le 1er août avec les valeurs anormales mesurées pendant le cours de ces variations, secondaires si l'on peut ainsi parler, s'échelonnant de 0 à + 350γ.

Il est curieux de noter que, pendant ce temps, la balance de Lloyd enregistreuse, installée à l'Observatoire d'Ambohidempona (Tananarive), n'a accusé que de faibles variations. Si l'on tient compte de ce que d'une part l'amplitude de la variation diurne est quatre à cinq fois plus forte à Ambatoabo qu'à Tananarive et que cette dernière ville est 1000km plus loin du pôle magnétique Sud, il n'y a rien d'impossible à admettre qu'un orage puisse être très sensible dans le Sud de la Colonie sans l'être à la Capitale.

Autre fait intéressant à noter : le temps, qui, du 26 juillet au 1er août, avait été très beau dans le Sud de la Colonie, comme c'est régulier en saison sèche, s'est soudain transformé en une période de pluie et de baisse barométrique, anormale pour la saison, qui a cessé 2 ou 3 jours après les observations décevantes qu'il nous a été donné de faire.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Détermination de la direction de l'aimantation permanente des roches*. Note de M. **Émile Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

Les roches éruptives possèdent très souvent, en même temps que l'aimantation temporaire due au champ magnétique terrestre actuel, une aimantation permanente assez stable. Il est intéressant, pour différentes études, de déterminer cette aimantation à la fois en grandeur et en direction.

La mesure de la valeur de l'aimantation permanente est très simple; c'est une mesure de moment magnétique qui peut être faite sur un fragment quelconque de la roche avec un appareil d'induction. Pour déterminer la direction de l'aimantation, on matérialise sur la roche en place un plan horizontal sur lequel on marque ensuite une direction d'azimut connu. Le fragment de roche portant le plan est alors détaché et l'on pourra déterminer, au laboratoire, la direction du moment magnétique du fragment, donc retrouver quelles étaient sur le terrain la déclinaison et l'inclinaison de l'aimantation. R. Chevallier a longuement décrit (1) la méthode de prélèvement et de mesure qu'il a utilisée pour l'étude des laves de l'Etna. Je rappelle seulement que la surface plane horizontale est taillée directement sur la roche et que la direction, définie par les fonds de deux trous coniques creusés sur le plan, est déterminée avec un théodolite orienté, installé sur la roche.

Je propose une méthode de prélèvement qui simplifie beaucoup ces deux opérations en augmentant en même temps la précision. Au lieu de tailler la roche, on la couvre d'une masse de plâtre dont on façonne la partie supérieure en un plan horizontal. J'opère de la façon suivante : le fragment à détacher est dégagé au burin et sa rupture est préparée en recherchant les fêlures de la roche. Sur la roche ainsi préparée et encore en place est posé un cadre de bois (carré de 12^{cm} de côté et 5^{cm} de hauteur) garni intérieurement de feuilles de zinc pour faciliter le démoulage. Du plâtre est coulé dans ce moule qu'on emplit exactement, en maintenant avec un niveau sa surface supérieure bien horizontale. Au bout de dix

(1) R. Chevallier, *Annales de Physique*, 10e série, 4, 1925, p. 5.

minutes on peut démouler et préparer un autre échantillon. La détermination d'une direction, elle aussi, est très simplifiée. En un point distant de quelques centaines de mètres de l'endroit où sont préparés des fragments de roche, on installe un théodolite qu'on oriente par une visée sur le soleil. Puis, successivement sur la surface horizontale de chaque échantillon, on pose une règle à éclimètre (ou une alidade), on vise le théodolite et l'on trace la direction de la règle sur le plâtre. Il suffit alors, du théodolite, de viser la lunette de la règle à éclimètre pour connaître l'azimut théodolite-règle qui est celui de la direction tracée. Le bloc de roche coiffé de plâtre est ensuite détaché par quelques coups de burin.

Les avantages de cette méthode sont évidents : au lieu de tailler un plan horizontal sur une roche, on façonne ce plan sur du plâtre mou, opération beaucoup plus facile et qui donne une surface bien mieux définie. L'opération topographique est plus simple et le trait tracé sur le plâtre est aussi mieux défini. Enfin, le chapeau de plâtre étant coulé dans le moule à section carrée, cette masse de plâtre adhérente à la roche porte deux paires de plans perpendiculaires entre eux et perpendiculaires au plan horizontal; on a donc matérialisé trois plans rectangulaires qui permettent une mesure plus simple à l'appareil d'induction, soit qu'on opère par enlèvement (R. Chevallier), soit qu'on opère par retournement comme je fais avec l'appareil que j'ai décrit ([1]).

J'ai utilisé cette méthode pendant l'été 1936, pour prélever des échantillons de basaltes en quelques points de l'Auvergne : carrière Chocot et Macq à Saint-Sauves (Puy-de-Dôme), carrière de Murat au pied de la chapelle de Bredons, carrière au nord de Coren près de Saint-Flour. Le prélèvement d'un échantillon, fait sans l'aide d'ouvriers, ne demande pas plus d'une heure et cet échantillon ramené au laboratoire est prêt pour la mesure qui dure un quart d'heure environ. Le plâtre s'est montré très adhérent à la roche et tous les prélèvements entrepris ont été réussis.

Les aimantations des blocs prélevés sont maintenant étudiées et je donnerai les résultats dans une autre publication.

([1]) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 736.

BOTANIQUE AGRICOLE. — *Sur l'origine spécifique de la Pomme de terre.* Note de M. **Pierre Berthault**, présentée par M. Julien Costantin.

La détermination du type ancestral de la Pomme de terre cultivée, dont toutes les variétés sont groupées au sein de l'espèce *Solanum tuberosum* L., avait donné lieu au début de ce siècle à de nombreuses recherches. Pour divers savants [Heckel (1904), Planchon (1910) et Labergerie (1905-1909)] les variétés cultivées constituant le *Solanum tuberosum* L. dériveraient par mutations gemmaires brusques du *Solanum Commersonii* Dun. et du *Solanum Maglia* Schlech. Pour d'autres, au contraire [P. Berthault (1910-1911)], les variations de bourgeons ne devaient être prises en considération que pour expliquer la formation des variétés au sein des espèces, et c'est d'un type sauvage ayant les caractères floraux de nos variétés cultivées que descendraient celles-ci. Cette dernière thèse s'appuie notamment sur le fait que *toutes* les variétés de Pommes de terre existant actuellement, ou connues depuis que la plante est cultivée, présentent les mêmes caractères floraux, caractères que la culture n'a pas modifiés, et qui sont différents de ceux du *Solanum Commersonii* et du *Solanum Maglia*.

Dans ces conditions, le retour à l'état sauvage de la plante cultivée est susceptible de donner des indications sur son origine spécifique, car il pourrait faire réapparaître les caractères floraux ancestraux, spécialement ceux de *Solanum Commersonii* ou de *Solanum Maglia*, si la plante cultivée descend de l'une de ces espèces.

Or M. Costantin [1] a signalé l'an dernier que M. Bouget avait observé à Roquelaure des *Pommes de terre* se multipliant sans culture depuis 20 ans, et conservant, comme les plantes sauvages, grâce à la présence de mycorhizes, les tubercules sans pourriture dans le sol pendant tout l'hiver.

Il était intéressant de rechercher si ce retour à l'état sauvage de la plante cultivée avait modifié ses caractères floraux et avait fait réapparaître ceux soit du *Solanum Commersonii*, soit du *Solanum Maglia*.

Les échantillons qu'a bien voulu me communiquer M. Bouget montrent qu'il n'en est rien. La plante se reproduisant sans culture à Roquelaure, depuis 20 ans, reste un *Solanum tuberosum*, et son retour à l'état sauvage

---

(1) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1447.

n'a fait apparaître aucun des caractères floraux du *Solanum Commersonii* ou de *Solanum Maglia*.

Cette conclusion se confirme à l'examen des échantillons de nos grands herbiers, auquel nous venons de procéder à nouveau.

L'herbier du Muséum de Paris notamment possède un excellent échantillon de *Solanum tuberosum* de l'herbier de Vaillant, récolté au début du XVIIIe siècle, à une époque où la *Pomme de terre* n'était encore que rarement multipliée dans les cultures. Or l'échantillon est très comparable à la plante de Roquelaure, redevenue sauvage deux siècles après que Vaillant constituait son herbier, et elle est, au point de vue floral, tout à fait comparable à l'ensemble de nos variétés actuellement cultivées. La fixité du type est frappante. A l'herbier de Jussieu, à celui d'Adanson, à celui de Lamarck, on trouve également de très bons échantillons montrant qu'au cours du XVIIIe siècle les caractères floraux n'ont jamais varié, comme nous constatons qu'ils n'ont pas davantage été modifiés par la culture sur les milliers de variétés qui, au XIXe siècle et au XXe siècle, ont été créées par hybridations et sélections, et qui, toutes, ont des fleurs nettement dissemblables de celles des deux espèces *Solanum Commersonii* et *Solanum Maglia*.

La fixité spécifique du *Solanum tuberosum* se trouve ainsi bien établie. Mais existe-t-il, spontanées, des plantes ayant ces caractères?

L'examen des grands herbiers européens montre que l'on trouve des *Solanum tuberosum* vivant à l'état spontané en Amérique, et ayant les caractères floraux de nos variétés cultivées et de la plante de Roquelaure.

Nous avons indiqué déjà en 1911 que l'herbier Drake de Castillo possédait un échantillon de *Solanum tuberosum* spontané [1].

Par ailleurs, à l'herbier de Kew, les deux échantillons récoltés en Colombie le 31 octobre 1916 par M. T. Dawe sous le nom de *Solanum tuberosum* Linnée, *forme Sylvestre potato,* qui sont à fleurs violacées mais à baies toutefois plus allongées que celles de nos Pommes de terre cultivées; l'échantillon péruvien récolté en 1892 par Peter Clarke of Ceylon, qui est à fleurs blanches; les échantillons plus anciens, récoltés au Pérou en 1867, nous montrent des plantes sauvages à caractères floraux qui sont bien ceux de nos plantes agricoles actuelles, et qui diffèrent nettement de ceux du *Solanum Maglia* et *Commersonii*.

Enfin, il est intéressant de noter que les espèces de *Solanum* sauvages, multipliées en Angleterre dans les Collections de M. Sutton n'ont pas pu s'y maintenir et y ont été détruites par les maladies.

Le retour à l'état sauvage de la Pomme de terre de Roquelaure d'une part, l'étude des plantes récoltées d'autre part, la difficulté enfin de main-

---

[1] *Thèse de Doctorat ès sciences*, Faculté des Sciences de Paris, 1911.

tenir en culture en Europe les *Solanum* tubérifères sauvages autres que le *Solanum tuberosum*, confirment ainsi mes conclusions de 1910 et de 1911, relatives à l'unité spécifique de l'ensemble des variétés cultivées de la *Pomme de terre*, toutes groupées logiquement au sein d'une seule et grande espèce : *Solanum tuberosum* L., et tendent à confirmer que les procédés culturaux ne permettent que la création de variétés au sein de l'espèce et non le passage d'une espèce à une autre espèce.

Remarques à l'occasion de la Communication précédente de M. Pierre Berthault, par M. **Julien Costantin**.

J'indiquerai d'abord que cette Pomme de terre sauvage est une plante très vigoureuse, à tige dressée très forte et *ailée* de 60^{cm} à 70^{cm} de haut, à feuilles très larges d'un vert glauque; ses tubercules sont très gros, de forme très irrégulière, la peau est à fond blanchâtre ou jaunâtre très pâle avec un reflet un peu *rosé* par endroits, surtout autour des yeux très enfoncés, la chair est blanche et fine.

Une remarque intéressante a été faite à Roquelaure (Gers), par M. Robert Dauzère, cette année, qui a été caractérisée par une invasion très grave du mildiou (*Phytophthora infestans*). Tandis que partout dans la région et aussi à Bagnères-de-Bigorre (dans les Pyrénées) la maladie sévissait avec intensité, les pieds de la Pomme de terre sauvage qui se trouvaient dans la vigne où ils se multiplient spontanément depuis 20 ans, n'a présenté *aucune trace de Mildiou*; ce fait était très frappant en tenant compte de l'universalité et la gravité de l'épidémie.

M. Joseph Bouget m'a signalé trois stations nouvelles de Pomme de terre sauvage. La seconde station fut observée dans la *lande de Ger*, à la limite des Hautes et des Basses-Pyrénées; c'est au milieu d'un massif inextricable de ronces et d'orties qu'il a observé quelques pieds en fleurs en un point très éloigné de toute habitation. Ces plantes étaient certainement là depuis plusieurs années. Il n'a d'ailleurs pas pu pénétrer dans ce roncier.

Une troisième plante sauvage a été signalée à *Mausan*, canton de Rabastens, village limitrophe du Gers. C'était encore dans une vigne qu'existait cette plante se multipliant spontanément, d'après le témoignage du propriétaire du vignoble, depuis 1895 c'est-à-dire *depuis* 41 ans.

Enfin, à *Lacazères*, canton de Castelnau-Rivière-Basse, près du Gers une plante semblable et aussi curieuse a été signalée par le Directeur du Bureau

d'études pour les engrais à MM. Bouget, Dufrenoy et Gaye qui exploraient la région : c'est encore dans un vignoble que ce végétal a été signalé.

Cela fait *quatre stations* de types retournés à l'état sauvage peut-être distincts entre eux, dont trois d'entre elles signalées dans une vigne, une quatrième dans un roncier.

Il est à remarquer que les tubercules de Roquelaure ont été récemment *plantés et cultivés* dans certains champs des environs. Ces pieds ont été plus ou moins mildiousés : mais les taches de la maladie se sont arrêtées dans leur évolution. La culture paraît donc faire perdre l'immunité remarquable de la Pomme de terre sauvage vraisemblablement par disparition des mycorhizes.

BOTANIQUE. — *Sur la flore de quelques récifs anglo-normands.* Note de M. **Ad. Davy de Virville**, présentée par M. Marin Molliard.

Nous avons pu, avec l'aide de MM. Robinson et Mourant, ainsi qu'à la faveur d'une récente croisière du *Saint-Maudez*, à l'instigation de M. Gruvel, explorer la flore de divers récifs situés dans la Manche, près des îles anglo-normandes, et de plus en plus battus. A Burhou et aux Casquets, nous fûmes guidé par M. Ed. Fischer-Piette qui fit, de son côté, des observations similaires qu'il nous a aimablement communiquées.

Sur la Sambue, récif relativement abrité, à 3/4 de mille au sud de Jersey, les pointes granitiques culminantes, recouvertes de déjections d'oiseaux de mer, sont uniquement peuplées de *Ramalina scopulorum*. Puis viennent les zones de végétation habituelles : les *Fucus serratus* et *Rhodymenia palmata* sont particulièrement abondants sur les blocs. Les flaques supérieures sont battues avec *Lithophyllum*, Corallines et Entéromorphes sur coquilles de Patelles. Les flaques moyennes sont remplies de *Cystoseira fibrosa*, espèce très caractéristique de ces îles; et les flaques inférieures de quelques Himanthalies et surtout de Laminaires. Sur les seuils de graviers poussent : *Chorda Filum*, *Zostera marina*, *Polyides rotundus*, etc.

Les Pater Noster, à 2 milles et demi au nord de Jersey, sont déjà beaucoup plus battus. Leurs pointes granitiques qui servent de reposoir aux oiseaux de mer, sont dénudées et on n'y voit guère que des *Ramalina scopulorum*. Les zones de végétation sont les mêmes qu'à la Sambue. Toutefois *Rivularia bullata* y est bien développé et *Bifurcaria tuberculata* y forme parfois bordure, tandis qu'*Himanthalia lorea* est rare et localisée

dans les flaques. Sur les rochers, la flore est pauvre, surtout aux niveaux supérieurs : *Leathesia* et *Celpomenia*, puis *Nemalion helminthoides*. Elle s'enrichit aux niveaux inférieurs : *Desmarestia aculeata* et *ligulata*, *Halurus equisetifolius*, *Callithamnion corymbosum*, *Gasteroclonium ovale*, *Dilsea edulis*, *Calliblepharis jubata*, *Spondylothamnium multifidum*, *Plumaria elegans*. La flore des flaques est la même qu'à la Sambue. Soulignons toutefois la présence d'une algue méditerranéenne, rarement trouvée en dragages, par R. Lami, à Saint-Malo : *Dilophus fasciola*.

Burhou est situé à 1 mille et demi d'Aurigny, dont il est séparé par le passage du Singe parcouru de courants très violents. Cette petite île, formée de grès pourprés cambriens, est couverte d'un terreau noir, miné par les lapins et uniquement peuplé sur un grand espace, de *Spergularia marina* sur l'île principale et de *Silene maritima* sur un îlot secondaire. De plus on y voit quelques *Pteris aquilina*, et sur les rochers : *Umbilicus pendulinus*, *Beta maritima*, *Crithmum maritimum*, *Glaux maritima*; sur le sol : *Erodium maritimum*, *Cochlearia danica* et, de plus, introduit par l'homme : *Stellaria media*, *Anagallis arvensis*, *Crepis virens*, *Sonchus asper*, *Lycopsis arvensis*, *Urtica urens* et *dioica*, *Solanum nigrum*, *Myosotis* sp., un *Trifolium*, deux Graminées en feuilles et une Mousse : *Bryum capillare*. Il faut y ajouter, d'après Marquand : *Cerastium tetrandrum*, *Atriplex deltoides*, *Rumex crispus*, *Endymion nutans*, *Scirpus maritimus* et *Polystichum Filix-Mas*. Les lichens sont nombreux : *Parmelia caperata*, *Anaptychia fusca*, *Diploicia canescens*, *Ramalina scopulorum* et *phycopsis* et surtout *Xanthoria parietina* et *Caloplaca marina* particulièrement abondants sur toutes les pointes. Sur les rochers les plus battus, *Lichina pygmœa* est réfugié dans les fentes; *Pelvetia canaliculata*, *Fucus platycarpus*, *vesiculosus* et *serratus* n'existent qu'aux points abrités; *Bifurcaria tuberculata* et *Himanthalia lorea* forment des ceintures de végétation ainsi qu'*Alaria esculenta* (qui n'existe pas sur les récifs précédents), les Laminaires et les Saccorhizes. La flore est très battue : touffes éparses de *Porphyra*, Corallines en coussinets, *Cylindrocarpus Berkeleyi*, *Nemalion helminthoides*, *Gigartina mamillosa* abondante (comme à Aurigny et sur les côtes de la Hague), *Falkenbergia Hildebrandtii*; et dans les fentes obscures : *Lithothamnium Borneti*, etc.

Les Casquets, à 5 milles et demi à l'ouest-nord-ouest d'Aurigny, sont également formés d'une arête de grès pourpré cambrien et couronné d'un phare dont les gardiens ont introduit quelques plantes : Souci, Capucine, Pomme de Terre, Géranium localisés au Sud, à l'abri des bâtiments. De plus : *Lavatera arborea*, *Spergularia marina*, *Eryngium maritimum*, *Daucus*

maritima, *Armeria maritima*, *Sonchus oleraceus*, *Anagallis arvensis*, *Beta maritima*, *Rumex conglomeratus*, *Obione portulacoides*, *Plantago Coronopus* et *major*. Au Sud, les diverses zones de Lichens sont bien représentées. Il y a même quelques touffes de *Pelvetia* et de *Fucus vesiculosus* dressés; puis des *Nemalion*, des *Himanthalia*, enfin une belle zone d'*Alaria* mêlée à de petites *Laminaria saccharina*. M. Fischer nous a confirmé qu'ici les *Bifurcaria* faisaient presque défaut. La flore d'algues sur les rochers battus, rappelle celle de Burhou, au Sud : mais au Nord, sur les parois rocheuses, inclinées et balayées par les courants, on ne voit plus, en haut que des *Laurencia pinnatifida*, puis des *Gigartina mamillosa* épars : et, après un grand intervalle nu, des Corallines rouge foncé appliquées contre la roche et mêlées, vers le bas, à des *Plocamium coccineum* de plus en plus nombreux.

En résumé, la flore marine de ces récifs, comme celle du littoral du Cotentin, est différente suivant que la mer s'approfondit lentement (la Sambue, les Pater Noster), ou brusquement (Burhou, les Casquets) dans leur voisinage, ainsi que l'ont déjà remarqué ailleurs Fischer, puis Chemin.

PARASITOLOGIE. — *Réceptivité de divers oiseaux domestiques et sauvages au parasite* (Plasmodium gallinaceum) *du paludisme de la Poule domestique. Transmission de cet hématozoaire par le moustique* Stegomyia fasciata. Note de M. **Émile Brumpt**, présentée par M. Louis Lapicque.

Décrivant deux nouveaux agents du paludisme aviaire, *Plasmodium gallinaceum* et *P. paddæ* [1], j'ai rappelé les belles découvertes dont avait bénéficié la thérapeutique du paludisme humain, découvertes résultant de nombreuses expériences faites sur des oiseaux infectés expérimentalement par divers hématozoaires.

Les études de chimiothérapie pourront désormais faire des progrès plus rapides encore et à moins de frais en utilisant le *Plasmodium gallinaceum*, que j'ai isolé et dont j'ai réussi à obtenir des passages en nombre illimité. L'origine de cette souche mérite une courte mention. C'est en consultant un périodique d'analyses que j'avais appris par une notice de deux lignes, l'existence de l'infection de certaines poules importées d'Angleterre à Ceylan. Cette brève information me détermina à m'arrêter quelques jours dans cette merveilleuse île au retour de la mission dont j'avais été chargé

---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 783 et 967.

en Extrême-Orient, en 1935. Grâce au Dr Crawford et au Dr Burt, j'ai pu me procurer quelques poules provenant de deux élevages où l'infection avait été observée et les ramener en France, non sans avoir eu à surmonter un bon nombre de difficultés. Les poules d'un seul des deux élevages présentaient une infection chronique et c'est en partant d'un de ces oiseaux que j'ai pu obtenir jusqu'à ce jour 23 passages.

Les poules de toutes les races étudiées sont sensibles à l'infection qui reste chronique chez celles qui survivent. Parmi les oiseaux domestiques et sauvages que j'ai réussi à me procurer, l'oie, le faisan, la perdrix et le paon se sont montrés réceptifs, par contre les oiseaux suivants ont été réfractaires en dépit de fortes doses de virus inoculées : canard, pintade, pigeon, tourterelle, caille, buse, canari, moineau vulgaire, calfat, pinson.

La symptomatologie de l'infection chez la Poule est à peu près nulle, sauf au cours des 2 jours qui précèdent la mort quand celle-ci survient. Après une incubation de 5 à 10 jours chez les animaux inoculés dans le péritoine, on observe un accès parasitaire d'une durée de 7 à 27 jours. Malgré le nombre immense des parasites qui s'observent parfois dans 80 ou 90 pour 100 des hématies, il n'y a pas d'accès thermique, fait que j'ai déjà signalé dans les infections des poules par *Ægyptianella pullorum*. Cette apyrexie est intéressante à constater chez les oiseaux qui présentent cependant une élévation de température de plusieurs degrés au cours de la spirochétose à *Spirochæta gallinarum*. La mortalité est grande chez les jeunes animaux âgés de quelques jours ou de quelques semaines; la résistance augmente avec l'âge. Les rechutes spontanées sont très rares malgré la persistance de parasites et l'état de prémunition semble très solide. J'ai provoqué deux rechutes après splénectomie; l'adrénaline ne semble pas avoir d'action réactivante comme je l'ai observé dans le cas du paludisme spontané de la perdrix grise dû probablement à un parasite voisin sinon identique au *Plasmodium relictum*.

Les recherches pour découvrir les moustiques vecteurs du *P. gallinaceum* ont été négatives avec le *Culex fatigans*, mais positives avec le cosmopolite *Stegomyia fasciata*, vecteur de la fièvre jaune et de la dengue. En utilisant ce dernier moustique, j'ai obtenu l'évolution du *Plasmodium gallinaceum* dans 100 pour 100 des cas, sur 25 exemplaires disséqués. Les oocystes mûrs remplis de sporozoïtes, mesurent de 45^{μ} à 80^{μ} dans leur plus grand axe quand ils sont ovoïdes au lieu d'être sphériques. Dans un cas, un moustique sacrifié le huitième jour, montrait plus de 1650 oocystes sur la paroi de l'estomac, chiffre qui, à ma connaissance n'a jamais été observé.

Dès le douzième jour, à 22°-27°C., les stégomyies donnent l'infection à coup sûr à des poulets placés dans leur cage. L'infection constante des moustiques est intéressante à enregistrer, car, jusqu'à ce jour, les stégomyies, malgré la facilité de leur élevage, ont été peu utilisées pour l'étude de l'évolution des plasmodies des oiseaux, par suite de leur faible efficacité parasitaire.

J'ai voulu savoir comment il se faisait que le paludisme de la Poule soit si strictement limité à quelques régions d'Extrême-Orient, alors que la Poule est un animal répandu partout et que les moustiques (*Stegomyia fasciata*) dont je viens d'établir le rôle se rencontrent dans toutes les régions chaudes et tempérées du globe.

Le parasitisme, si localisé, de la Poule par ce *Plasmodium* et la réceptivité de certains oiseaux, comme le paon, qui existent à l'état sauvage en Extrême-Orient ou qui sont représentés par des variétés ou des espèces voisines comme le Faisan, l'Oie, la Perdrix, permet de supposer que ces animaux sont peut-être les hôtes primitifs du *Plasmodium gallinaceum*.

Les faits expérimentaux, relatés ci-dessus me permettent une observation d'ordre épidémiologique et une observation biologique concernant la spécificité parasitaire. Du point de vue épidémiologique, la réceptivité d'oiseaux représentés dans la faune d'Extrême-Orient me permet d'admettre que la Poule n'est qu'un hôte accidentel d'un *Plasmodium* d'oiseau sauvage à distribution géographique limitée. Si ce parasite n'a pas été disséminé partout où il existe des *Stegomyia fasciata*, c'est que les poules domestiques de Ceylan, de Sumatra et de l'Annam, pays où le *Plasmodium gallinaceum* a été signalé, sont consommées localement et ne sont pas exportées.

Du point de vue de la spécificité parasitaire, la réceptivité de certains oiseaux illustre le caractère accidentel et inopiné de l'adaptation des parasites à leurs hôtes. En effet, nous avons vu des oiseaux, très éloignés zoologiquement de la Poule, être réceptifs et d'autres, très voisins, être réfractaires. On a en particulier quelque étonnement à constater que l'Oie contracte une infection qui peut être mortelle, alors que le Canard présente une immunité naturelle totale.

A $15^{h}25^{m}$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^{h}45^{m}$.

A. Lx.